

TÓPICOS EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Volume 1

Organizadores

Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Ana Cristina Vello Loyola Dantas

Francisco Adriano de Carvalho Pereira

Ana Cristina Fermino Soares

José Fernandes Melo Filho

Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira

Carlos Alfredo Lopes de Carvalho
Ana Cristina Vello Loyola Dantas
Francisco Adriano de Carvalho Pereira
Ana Cristina Fermino Soares
José Fernandes Melo Filho
Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira

(Organizadores)

TÓPICOS EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

VOLUME I



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
2009

CAPA

Carlos Alfredo Lopes de Carvalho
Gráfica e Editora Nova Civilização Ltda.

FOTOS DA CAPA

Ana Cristina Vello Loyola Dantas

REVISÃO

Ana Cristina Vello Loyola Dantas
Sidiney Ferreira Sardinha

DIAGRAMAÇÃO

Gráfica e Editora Nova Civilização Ltda.

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de
Catalogação da Biblioteca da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

T674 Tópicos em Ciências Agrárias / Carlos Alfredo Lopes de Carvalho... [et al.],
organizadores. – Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e
Biológicas, 2009.
296p. : v. 1. : il.

ISBN 978-85-61346-04-1

1. Ciência animal. I. Carvalho, Carlos Alfredo Lopes de, II. Dantas, Ana
Cristina Vello Loyola, III. Pereira, Francisco Adriano de Carvalho, IV. Soares,
Ana Cristina Fermينو, V. Melo Filho, José Fernandes, VI. Oliveira, Gabriel
Jorge Carneiro de.

CDD 631

Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - UFRB

Tele/Fax: (75) 3621.3120

E-mail: pgagrarias@ufrb.edu.br

Home Page: www.ufrb.edu.br/pgcienciasagrarias

O conteúdo dos Capítulos é de inteira responsabilidade dos autores

ORGANIZADORES

Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Doutor em Ciências - Entomologia
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Ana Cristina Vello Loyola Dantas

Doutor em Agronomia - Genética e Melhoramento de Plantas
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Francisco Adriano de Carvalho Pereira

Doutor em Irrigação e Drenagem
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Ana Cristina Fermino Soares

Doutor em Produção Vegetal
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

José Fernandes de Melo Filho

Doutor em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira

Doutor em Zootecnia
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

APRESENTAÇÃO

A grande área das Ciências Agrárias representa parte significativa do conhecimento gerado no Brasil com retorno importante para a sociedade, uma vez que técnicas de manejo de culturas, melhoramento animal e vegetal, conservação dos solos, sistemas de irrigação, entre outros, se traduzem em maior produtividade com reflexo direto na produção de alimento.

Dada a sua especificidade, notadamente em países com as características do Brasil, a pesquisa agropecuária tem sido ferramenta importante na busca de respostas aos desafios promovidos pela necessidade de aumento da produtividade agropastoril associada com a sustentabilidade ambiental e responsabilidade social. Neste contexto, além das questões inerentes à própria pesquisa, a formação de recursos humanos altamente qualificados tem sido um desafio ainda maior para atender as demandas complexas dos agossistemas.

É neste cenário desafiador que o Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, cuja primeira turma de Mestrado foi iniciada em 1979 e a de Doutorado em 2006, tem contribuído, tanto na formação de recursos humanos qualificados, como na geração de conhecimento técnico-científico. Com mais de 350 dissertações de Mestrado e duas teses de Doutorado defendidas, o Programa da UFRB possui egressos em várias instituições no Brasil e em outros países, desenvolvendo pesquisas importantes na solução dos problemas enfrentados pela agropecuária.

Motivados com a importante e necessária divulgação dos resultados obtidos pelos Grupos de Pesquisa que contribuíram ou contribuem na consolidação do lastro de sustentação do Programa ao longo desses anos, docentes pesquisadores e seus orientados reuniram resultados de trabalhos e revisão bibliográfica, lançando o primeiro volume com diferentes temas sobre as Ciências Agrárias.

A obra é mais uma contribuição do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da UFRB e é composta por diversos tópicos da área de Ciências Agrárias, cujos temas estão distribuídos em Capítulos, de forma que o leitor pode ter acesso, tanto às informações específicas, como a questões mais gerais ao longo dos textos.

Neste sentido, ela se constituirá em uma importante fonte de consulta bibliográfica para discentes e docentes pesquisadores, tanto nos trabalhos de formação, como nos projetos de pesquisa.

Paulo Gabriel Soledade Nacif
Reitor da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

CONTEÚDO

CAPÍTULO 1

Conservação de fruteiras potenciais para o nordeste brasileiro01
Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa, Fernanda Vidigal Duarte Souza, José Vieira Uzeda Luna, Milene da Silva Castellen, Weliton Antônio Bastos de Almeida, Simone Alves Silva & Ana Cristina Vello Loyola Dantas

CAPÍTULO 2

Caracterização de genótipos de fruteiras potenciais para o nordeste brasileiro15
Simone Alves Silva, Ana Cristina Vello Loyola Dantas, Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa, Claudia Fortes Ferreira & Antonio Augusto Oliveira Fonseca

CAPÍTULO 3

Propagação de fruteiras potenciais para o nordeste brasileiro25
Ana Cristina Vello Loyola Dantas, Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa, Simone Alves Silva & Janay Almeida dos Santos-Serejo

CAPÍTULO 4

Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos37
Clóvis Pereira Peixoto & Maria de Fátima da Silva Pinto Peixoto

CAPÍTULO 5

Fisiologia da floração do abacaxizeiro55
Getúlio Augusto Pinto da Cunha

CAPÍTULO 6

Produtividade vegetal: principais fatores77
Elvis Lima Vieira

CAPÍTULO 7

Ecofisiologia e floração da mangueira e crescimento do fruto de manga91
Manoel Teixeira de Castro Neto & Anna Christina Passos Menezes

CAPÍTULO 8

Viabilidade e vigor de sementes de milho híbrido precoce105
Luciano Soares de Vasconcelos Sampaio, Clóvis Pereira Peixoto, Maria de Fátima da Silva Pinto Peixoto & Heraldo Soares de Vasconcelos Sampaio

CAPÍTULO 9

Análises faunísticas em estudos entomológicos119
Oton Meira Marques, Carlos Alfredo Lopes de Carvalho & Gilberto Marcos de Mendonça Santos

CAPÍTULO 10

Interface da entomologia aplicada na fruticultura tropical133
Antônio Souza do Nascimento & Tuffi Cerqueira Habibe

CAPÍTULO 11

Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e patógenos radiculares de citros 147
Antônio Alberto Rocha Oliveira, Cláudia Melo da Paixão & Robélia Tosta Dias Amorim

CAPÍTULO 12

Impacto de herbicidas em processos microbiológicos do solo e qualidade fisiológica de sementes
em Latossolo Amarelo coeso do Recôncavo Baiano 159
Maria de Fátima da Silva Pinto Peixoto, Luciano Soares de Vasconcelos Sampaio, Clóvis Pereira Peixoto & Heraldo Soares de Vasconcelos Sampaio

CAPÍTULO 13

Evolução, adubação e diagnose nutricional de pastagens no Recôncavo da Bahia 171
Anacleto Ranulfo dos Santos, Raul Lomanto Neto, Adailde do Carmo Santos & Leandro Gonçalves dos Santos

CAPÍTULO 14

Desordens nutricionais em pomares cítricos no Recôncavo Baiano 183
Washington Luiz Cotrim Duete, Rozilda Vieira Oliveira Sacramento & Robson Rui Cotrim Duete

CAPÍTULO 15

Variabilidade espacial da condutividade hidráulica do solo: conceitos e bases para avaliação..... 197
José Fernandes de Melo Filho & Paulo Leonel Libardi

CAPÍTULO 16

Evapotranspiração 219
Francisco Adriano de Carvalho Pereira, Aureo Silva de Oliveira, Vital Pedro da Silva Paz & Greice Ximena Santos Oliveira

CAPÍTULO 17

Mistura mineral para bovinos em regime de pasto 233
Benedito Marques da Costa, Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira & Maria do Carmo Martins Marques da Costa

CAPÍTULO 18

Efeitos da adição de gordura suplementar à ração de bovinos sobre o metabolismo da glândula
mamária, a qualidade do leite e da carne e a produção de alimentos funcionais 245
Soraya Maria Palma Luz Jaeger & Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira

CAPÍTULO 19

Carboidratos na nutrição de peixes 257
Leandro Portz

CAPÍTULO 20

Alimentação de caprinos leiteiros 269
Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira, Soraya Maria Palma Luz Jaeger & Benedito Marques da Costa

CAPÍTULO 21

Desenvolvimento regional e a competitividade do agronegócio: estudos de *cluster*..... 277
Warli Anjos de Souza

CAPÍTULO 22

Produtividade, mudança tecnológica e eficiência na agropecuária do nordeste do Brasil no
período 1975/1995..... 289
Carlos Augusto Pereira Filho & Warli Anjos de Souza

CAPÍTULO 1

CONSERVAÇÃO DE FRUTEIRAS POTENCIAIS PARA O NORDESTE BRASILEIRO

**Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa,
Fernanda Vidigal Duarte Souza, José Vieira Uzeda Luna,
Milene da Silva Castellen, Weliton Antônio Bastos de Almeida,
Simone Alves Silva & Ana Cristina Vello Loyola Dantas**

CONSERVAÇÃO DE FRUTEIRAS POTENCIAIS PARA O NORDESTE BRASILEIRO

Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa¹; Fernanda Vidigal Duarte Souza²; José Vieira Uzeda Luna³; Milene da Silva Castellen²; Weliton Antônio Bastos de Almeida¹; Simone Alves Silva¹; Ana Cristina Vello Loyola Dantas¹

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: mapcosta@ufrb.edu.br

²Pesquisador - Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas-BA. E-mail: fernanda@cnpmf.embrapa.br

³Pesquisador - Empresa Baiana de Desenvolvimento Agropecuário (EBDA). Estação de Fruticultura Tropical, Conceição do Almeida-BA.

INTRODUÇÃO

O uso sustentável e continuado da diversidade genética disponível para o cultivo e consumo de espécies vegetais utilizadas na alimentação é de suma importância para o bem estar das gerações atuais e futuras. Com o avanço da erosão genética, causada pela destruição dos ecossistemas e pela domesticação dos cultivos pelo homem, a conservação do pool gênico dessas espécies tornou-se prioridade em programas agrícolas de muitos países. A caracterização e manutenção de recursos genéticos são hoje, no mundo, uma demanda relevante, principalmente em relação a espécies de importância econômica atual e potencial.

O Brasil, como o país mais rico do mundo em recursos biológicos, tem grande responsabilidade sobre essa riqueza, necessitando de estratégias próprias, não apenas para explorá-la de modo sustentável, mas principalmente, para conservá-la. A exploração racional de espécies de importância econômica ou de potencial utilização, voltadas para a alimentação, tem sido o objetivo de programas de melhoramento genético em todo país, e passa impreterivelmente, pela conservação e caracterização do germoplasma disponível.

Dentre os recursos genéticos vegetais voltados para a alimentação e agricultura, as fruteiras destacam-se pela grande diversidade e potencial que apresentam, sendo o Brasil, um dos mais importantes centros de diversidade genética de muitas espécies frutíferas tropicais. No Nordeste brasileiro é possível encontrar uma grande variabilidade genética das mais diversas fruteiras, nativas e exóticas, perfeitamente adaptadas e com potencial para a conquista do mercado interno, para a exportação e para a diversificação agrícola da região (Giacometti & Goes, 1993; D'Eeckenbrugge et al., 1998).

A evolução econômica e a demanda dos mercados reforçam hoje o interesse dos países latino-americanos para as frutas em geral e as frutas nativas ou exóticas em particular. Essas frutas apresentam sabores *sui generis* e elevados teores de açúcares, proteínas, vitaminas e sais minerais, de grande importância para a dieta alimentar. Adicionalmente, podem ser consumidas *in natura* ou na forma de sucos, licores, sorvetes e geléias entre outras delícias culinárias (Avidos et al., 2000).

A exploração racional e o uso sustentável desse germoplasma dependem inicialmente, de um programa de conservação e manutenção desses recursos genéticos, incluindo possibilidades de conservação *in situ* e *ex situ*, como coleções-base e/ou ativas de sementes; coleções em campo, coleções nucleares e bancos de germoplasma *in vitro*. A escolha da estratégia de conservação mais adequada para cada espécie é dependente de uma gama de fatores, que vão desde aspectos botânicos, como sistemas reprodutivo e de cruzamento, porte da planta, até condições financeiras da Empresa, Órgão ou Centro de Estudos que ficará responsável pelo estabelecimento e manutenção da coleção.

Algumas limitações, no entanto, são evidentes na formação de coleções de germoplasma dessas fruteiras. O porte alto, o longo período de juvenilidade, uma caracterização morfológica ainda bastante incipiente, e mesmo, o pouco conhecimento que se tem sobre variedades e genótipos de algumas dessas espécies, são as maiores dificuldades encontradas nos estabelecimentos desses bancos de germoplasma.

Um aspecto normalmente negligenciado por muitos curadores de Bancos de Germoplasma, e que deve ser considerado no caso da conservação do germoplasma dessas fruteiras em especial, é a destruição devastadora que está ocorrendo nas áreas de ocorrência natural dessas espécies. É preciso considerar que a perda da variabilidade genética supõe uma grande limitação na capacidade de se corresponder a novas necessidades e um incremento da vulnerabilidade dos cultivos dessas fruteiras, diante de mudanças ambientais ou aparecimento de novas pragas e doenças. Dessa forma, a necessidade de se optar por coleções completas do tipo específico, abrangendo a conservação de variedades silvestres, variedades de uso tradicional e as variedades melhoradas, seria a estratégia mais segura para resguardar esse recurso.

Bancos de Germoplasma da Região Nordeste

O Nordeste Brasileiro apresenta diversidade genética considerável, tanto de espécies nativas, quanto de espécies exóticas bem adaptadas às condições edafo-climáticas da região. Muitas espécies apresentam grande escassez ou mesmo ausência de dados relativos à sua morfologia, produção, características fisiológicas e fenologia. Estas informações são importantes para a descrição e caracterização de genótipos, possibilitando a incorporação de muitas espécies aos sistemas produtivos comerciais.

No caso dos bancos de germoplasma de fruteiras nativas do Brasil, praticamente toda a conservação é realizada na forma de coleções de campo. Considerando-se que a grande maioria dessas frutíferas é arbórea, e que de maneira geral utilizam-se três plantas para cada acesso, sendo que, cada planta ocupa uma área em torno de 40 m², a área ocupada por esses bancos é extensa e de difícil manejo.

Além das extensas áreas, outras limitações em relação à conservação de germoplasma dessas fruteiras em campo, podem ser destacadas. Dentre essas, a necessidade de recursos humanos treinados, o alto custo de implantação, condução e manutenção das coleções, assim como os riscos de perdas pela ocorrência de catástrofes de ordem biótica, abiótica e antrópica (Valois et al.; 2001).

No Nordeste Brasileiro os bancos e coleções de germoplasmas de fruteiras estão distribuídos nos Estados da Bahia, Ceará, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Recife e Paraíba.

No Estado da Bahia, as principais Instituições responsáveis pela conservação de fruteiras são a Empresa Baiana de Desenvolvimento Agropecuário (EBDA) em Conceição do Almeida, o Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB, a Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, em Cruz das Almas e o Centro de Pesquisa da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), em Itabuna.

No Banco de Germoplasma de Fruteiras Nativas e Exóticas, localizado na EBDA estão catalogados mais de 364 acessos de 60 espécies de clima tropical, oriundos de várias partes do mundo e introduzidos pelo CENARGEN (Tabela 1). As plantas estão mantidas em campo e dispostas em número variável de três a dez plantas por acesso, recebendo os tratamentos culturais e fitossanitários de acordo com as exigências de cada espécie. Os acessos são caracterizados e avaliados tomando-se por base os descritores do IBPGR (1980), com as modificações necessárias. Esse BAG vem sendo utilizado como suporte aos trabalhos de seleção de matrizes e como apoio básico às atividades de produção de mudas, ressaltando-se a distribuição de materiais de propagação para diferentes Instituições. Dentre as diferentes espécies mantidas, as mais solicitadas são: mamão, goiaba, graviola, acerola e maracujá. O mamão teve o maior número de acessos intercambiados, beneficiando quarenta e cinco Instituições e inúmeros produtores de praticamente todos os Estados do Brasil.

No tocante à cultura da graviola, introduções procedentes da Colômbia possibilitaram a identificação e recomendação de materiais de alta qualidade, como as cultivares Lisa e Morada, utilizadas principalmente no Sul da Bahia, para a produção de polpa congelada, constituindo mais uma alternativa de renda para o produtor.

Em relação à carambola e ao rambutão foram identificadas quatro matrizes com características hortícolas superiores, a partir de populações de plantas obtidas por meio de sementes. Essas espécies estão sendo multiplicadas na EBDA e difundidas em pequena escala no Sul da Bahia, tendo em vista as condições ecológicas propícias ao desenvolvimento.

Outras fruteiras introduzidas recentemente nesse BAG foram o champedaque (*Artocarpus integer* (Thumb.) Merr. (*A. chameden* Spreng.)), da família Moraceae e oriunda da Malásia, o durião (*Durio zibethinus* Murray), da família Bombacaceae, também originário da Malásia e o canistel (*Pouteria campechiana* Baehni) da família Sapotaceae e originária da América Central. Esses acessos encontram-se em fase de caracterização e avaliação com base nas características morfológicas e agrônômicas.

Nessa mesma coleção, encontra-se igualmente, um acesso de jenipapo sem sementes, introduzido através da técnica de produção de mudas por garfagem em fenda cheia, com índice de pegamento de quase 100%.

Considerado como um dos mais importantes da América Latina, o BAG de Fruteiras Nativas e Exóticas possibilitou ainda, a recomendação de cultivares de abacate e goiaba para o plantio nas condições do Recôncavo Baiano. Nos últimos 10 anos, foram distribuídas cerca de 85 mil mudas de fruteiras tropicais nativas exóticas, contribuindo para o aumento da renda de produtores, através da incorporação de novas cultivares ao processo produtivo. Vale ressaltar que nesse BAG encontra-se a única coleção de abacate da Região Nordeste com 33 acessos. A conservação de espécies de *Persea* é de extrema importância atualmente, visto a restrita variabilidade existente nas coleções brasileiras, necessitando ampliação por meio de novas coletas nos locais de origem (Ferreira, 1999).

Outra importante coleção de fruteiras tropicais do Estado da Bahia encontra-se no Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB, em Cruz das Almas-BA, com 30 espécies e 157 acessos (Tabela 2) coletados nas diversas regiões do País. Segundo Carvalho et al. (2002), esta coleção foi iniciada em 1996, com introdução das

primeiras mudas, e a cada ano a coleção vem sendo ampliada com a introdução de novos acessos. Novos acessos de mangaba e jenipapo estão sendo introduzidos, a partir de coletas realizadas na região do Recôncavo Baiano, Chapada Diamantina, litoral e caatinga da Bahia. Esse material vem sendo caracterizado quanto a morfologia e características físico-químicas do fruto, visando a identificação de genótipos de interesse e molecular para análise de polimorfismo entre os genótipos, tendo como propósito subsidiar o programa de melhoramento genético da espécie implantado no Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB. No caso específico da mangabeira avaliações preliminares demonstraram reduzida variabilidade genética entre as populações e presença de variabilidade dentro da população, nas regiões de ocorrência (Iramaia, Ouriçangas e Nova Soure) (Cruz, 2005).

Na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical estão estabelecidos Bancos Ativos de Germoplasma (BAG) de diversas fruteiras, entre nativas e exóticas, como é o caso do abacaxi, acerola, banana, citros, maracujá, mamão e manga. Esses Bancos foram estabelecidos para servirem de suporte aos programas de melhoramento genético da Unidade e encontram-se parcialmente caracterizados.

O BAG Abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) foi iniciado no início dos anos 80 e reúne um total de 743 acessos no campo, do gênero *Ananas* e outras bromeliáceas, sendo uma das maiores coleções de germoplasma de abacaxi do mundo. Estima-se que a maior parte da variabilidade genética intra e interespecífica do abacaxi esteja aí representada (Cabral et al., 1998). Esse germoplasma vem sendo caracterizado utilizando-se os descritores morfológicos estabelecidos para a cultura do abacaxi. Atualmente, 40% desse banco já está caracterizado morfológicamente, o que possibilitou a identificação de acessos com resistência à fusariose, plantas com ausência de espinhos e frutos com altos teores de sólidos solúveis, características desejáveis para o programa de melhoramento genético da cultura. Recentemente, como resultado desse programa, foi lançado um híbrido, o abacaxi 'Imperial', com características agrônômicas muito interessantes e resistente à fusariose. Outro aspecto que vem sendo explorado nesse banco é o potencial ornamental encerrado em muitos de seus acessos (Souza et al., 2005b). A variabilidade existente no BAG agrega uma extensa fonte de cores, formas, tamanhos de frutos e coroas e diferentes arquiteturas a serem exploradas (Cunha e Cabral, 1999) para a identificação de abacaxis ornamentais, que vem gradativamente, assumindo um lugar de destaque na floricultura nacional.

O Banco de Acerola conta hoje com 150 acessos de *Malpighia glabra* e um acesso de *Malpighia coccigera*, que estão sendo caracterizados utilizando-se descritores morfológicos pré-estabelecidos para a cultura. Os descritores mais utilizados referem-se ao porte da planta, coloração da pétala, cor da polpa, cor, tamanho e firmeza do fruto. Desse BAG, já foram identificadas e lançadas duas variedades para mesa, 'Cablocia' e 'Rubra', e alguns híbridos estão em fase de avaliação.

O BAG Banana possui 400 acessos, dos quais 60% já estão caracterizados morfológicamente utilizando-se os descritores já estabelecidos para a cultura. Caracterizações moleculares de pelo menos 60 diplóides foram realizadas por meio de marcadores do tipo RAPD e microssatélites (Paz et al., 2000; Creste et al., 2004). Foram detectadas fontes de resistência às principais doenças da cultura, plantas de porte baixo e outras características de interesse para o melhoramento da cultura. No panorama atual, com o alastramento da Sigatoka negra, uma das mais sérias doenças da bananeira causada pelo fungo *Mycosphaerella fijiensis*, a resistência encontrada em materiais diplóides conservados possibilitou o desenvolvimento de novos híbridos resistentes, que deverão substituir as variedades suscetíveis.

Outro Banco que a Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical mantém desde 1997, é o BAG Maracujá. A região Nordeste possui diversas espécies do gênero *Passiflora*, de grande interesse ecológico e com potencial econômico. Castellen et al., (no prelo) citam 35 espécies do gênero distribuídas pela região dos Tabuleiros Costeiros, das quais apenas 15 encontram-se conservadas em Bancos de Germoplasma. Nunes (2002), em um levantamento no Estado da Bahia, cita 29 espécies do gênero, sendo três delas consideradas endêmicas do Estado e prioritárias para conservação. Atualmente, a maior parte dos acessos do gênero *Passiflora* conservados refere-se à espécie *Passiflora edulis* (maracujá roxo) e à forma *flavicarpa* (maracujá amarelo). O BAG *Passiflora* conta atualmente com 44 acessos, em sua maioria, conservados em condições de campo, que vêm sendo caracterizados morfológicamente a partir de uma lista de descritores multiculturais.

O BAG Citros possui cerca de 700 acessos, compreendendo diversas espécies e variedades de *Citrus* e gêneros afins, como é o caso do *Poncirus*, *Fortunella*, *Microcitrus*, *Eremocitrus* e *Severinia*. Esse banco de germoplasma, a semelhança dos outros existentes nessa Unidade da Embrapa, é a base para o programa de melhoramento genético, que visa a obtenção de genótipos com características interessantes para o cultivo dos citros. Dentre as características desejadas, encontram-se, porta-enxertos tolerantes à seca e ao alumínio, resistentes à morte súbita dos citros, à gomose de *Phytophthora* e ao complexo do vírus da tristeza dos citros - CTV (*citrus tristeza virus*). Além do melhoramento dos porta-enxertos, as variedades-copa têm sido selecionadas com vistas à sua utilização em ecossistemas característicos, como é o caso dos Tabuleiros Costeiros. Recentemente, foram lançadas as variedades Pineapple, Salustiana, Valência Tuxpan e Page, as três primeiras são laranjas doces (*C. sinensis*), passíveis de serem processadas pela indústria e também serem consumidas in natura, e a última um híbrido tipo tangerina, indicado para consumo de mesa.

Tabela 1. Relação das espécies existentes no BAG de Fruteiras Nativas Exóticas da Empresa Baiana de Pesquisa Agropecuária (EBDA). Conceição do Almeida - BA, 2005.

NOME VULGAR	NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA	Nº ACESSOS
Abacate	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	33
Abiu	<i>Pouteria caimito</i> Radlk	Sapotaceae	02
Abricó	<i>Mammea americana</i> L.	Clusiaceae	01
Abricó-da-praia	<i>Mimusops elengi</i>	Sapotaceae	01
Acerola	<i>Malpighia emarginata</i> D.C.	Malpighiaceae	04
Akee	<i>Blighia sapida</i> Koenig	Sapindaceae	01
Ameixa-de-madagascar	<i>Flacourtia indica</i> Merr.	Flacourtiaceae	01
Araçá	<i>Psidium</i> spp.	Myrtaceae	04
Araçá-boi	<i>Eugenia stipitata</i> McVangh	Myrtaceae	01
Araticum do Brejo	<i>Annona glabra</i> L.	Annonaceae	01
Atemóia	<i>Annona cherimola</i> Mill x <i>Annona squamosa</i> L.	Annonaceae	01
Bilimbi	<i>Averhoa bilimbi</i> L.	Averrhoaceae	01
Cabeludinha	<i>Eugenia tomentosa</i> Gamb.	Myrtaceae	01
Cafezinho	<i>Bunchosia armeniaca</i> AD.C.	Malpighiaceae	01
Cainito	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Sapindaceae	02
Cajá	<i>Spondia lútea</i> L.	Anacardiaceae	02
Cajarana	<i>Spondia dulcis</i> Forst.	Anacardiaceae	01
Caju	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	05
Camu-camu	<i>Myrciaria dúbia</i> H.B.K. (Mc Vaugh)	Myrtaceae	01
Canistel	<i>Pouteria champechiana</i> Baehni	Sapotaceae	02
Caqui	<i>Diospyrus kaki</i> L.	Ebenaceae	03
Carambola	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Averrhoaceae	45
Champedaque	<i>Artocarpus interger</i> (Thumb.) Merr.	Moraceae	42
Ciriguela	<i>Spondia púrpura</i> L.	Anacardiaceae	01
Coco	<i>Cocuns nucifera</i> L.	Arecaceae	02
Durião	<i>Durio zibethinus</i> Murray	Bombacaceae	02
Falso mangostão	<i>Garcinia</i> sp.	Clusiaceae	01
Goiaba	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	31
Groiola	<i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae	12
Groselha	<i>Phyllanthus acidus</i> L.	Euphorbiaceae	01
Grumixama	<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	Myrtaceae	01
Guabiraba	<i>Compomonesia</i> spp.	Myrtaceae	02
Jabuticaba	<i>Myrciaria cauliflora</i> Ber.	Myrtaceae	03
Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Moraceae	01
Jambo vermelho	<i>Syzygium malacoense</i> L. Merr & Perry	Myrtaceae	02
Jambo rosa	<i>Syzygium jambos</i> L. Alston	Myrtaceae	01
Jambolão	<i>Syzygium cumini</i> L.	Myrtaceae	01
Jenipapo	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	03
Kundang	<i>Bouea macrophyla</i>	Anacardiaceae	01
Lichia	<i>Litchi chinensis</i> Sonn	Sapindaceae	01
Longon	<i>Dimocarpus longon</i> (Lour.) Steud	Sapindaceae	01
Mabolo	<i>Diospyrus discolor</i> Willd	Ebenaceae	01
Macadâmia	<i>Macadamia intergrifolia</i> Maiden & Betch	Proteaceae	11
Manga	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	50
Mangostão	<i>Garcinia mangostana</i> L.	Clusiaceae	01
Mapati	<i>Pourouma cecropiaefolia</i> Mart.	Cecropiaceae	01
Marang	<i>Artocarpus odoratissimus</i> Blanco	Moraceae	01
Nêspera	<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.	Rosaceae	01
Noz okari	<i>Terminalia kaerbachii</i> Warb.	Combretaceae	01
Noz pili	<i>Canarium ovatum</i> Engl.	Burseraceae	01
Pinha	<i>Annona squamosa</i> L.	Annonaceae	05
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	05
Pitomba	<i>Eugenia luschnathiana</i> Klotz	Sapindaceae	01
Pitomba do Norte	<i>Talisia esculenta</i> Radlk	Sapindaceae	01
Pupunha	<i>Bactris gasipae</i> Kunth	Arecaceae	02
Rambutão	<i>Nephelium lappaceum</i> L.	Sapindaceae	45
Romã	<i>Punica granatum</i> L.	Punicaceae	02
Sapota branca	<i>Casimiroa edulis</i> Llav. & lex.	Rutaceae	01
Sapota verde	<i>Pouteria viridi</i> Pitt.	Sapotaceae	01
Sapoti	<i>Munilkara zapota</i> L.	Sapotaceae	04
Tâmata	<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Aracaceae	01
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i> L.	Cesalpinaceae	02
Uampi	<i>Clausenta lansium</i> (Lour.) Skeels	Rutaceae	01
Umbu	<i>Spondia tuberosa</i> Arruda	Anacardiaceae	02

Tabela 2. Relação das espécies existentes na coleção de fruteiras nativas e exóticas do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas- BA, 2005.

NOME COMUM	NOME CIENTÍFICO	Nº ACESSOS
Abiu	<i>Pouteria caimito</i>	04
Canistel	<i>Pouteria campechiana</i>	02
Mamei	<i>Mammea americana</i>	10
Açaí	<i>Euterpe oleracea</i>	10
Palmito	<i>Euterpe edulis</i>	05
Araticum-do-brejo	<i>Annona glabra</i>	05
Araticum	<i>Annona crassiflora</i>	02
Araçá boi	<i>Eugenia stipitata</i>	06
Biriba	<i>Rollinia mucosa</i>	01
Bilimbi	<i>Averrhoa bilimbi</i>	10
Butiá-vinagre	<i>Butiá capitata</i>	01
Cabeludinha	<i>Eugenia tomentosa</i>	05
Café da mata	<i>Myrcia sp</i>	06
Cagaita	<i>Eugenia dysenterica</i>	02
Caimito roxo	<i>Crhysophyllum cainito</i>	05
Cajá	<i>Spondia mombim</i>	03
Cupuaçú	<i>Theobroma grandiflorum</i>	05
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	05
Guabiroba	<i>Compomanesia spp.</i>	05
Grumixama	<i>Eugenia brasiliensis</i>	05
Jaboticaba	<i>Myrciaria truncifolia</i>	05
Camu-camu	<i>Myrciaria dubia</i>	10
Jenipapo	<i>Genipa americana</i>	05
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	02
Pindaíba	<i>Xylopia emarginata</i>	06
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>	10
Pitomba do Norte	<i>Talisia esculenta</i>	05
Pupunha	<i>Bactris setosa</i>	02
Uvaia	<i>Eugenia pyriformis</i>	05
Vinagreira	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	10

Fonte: Ferreira, 2003

O BAG Mamão dessa Instituição conta atualmente com 191 acessos, sendo o maior banco de germoplasma dessa cultura no país. Desse conjunto, aproximadamente 50% dos acessos já foram avaliados. Auto-fecundações e cruzamentos entre indivíduos estreitamente aparentados, dentro de famílias, possibilitaram, até o momento, a sintetização e avaliação de cinco linhagens, as quais deram origem a nove híbridos promissores, ainda em fase de avaliação, passíveis de resultar em novos materiais à disposição dos produtores.

O BAG Manga da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical conta com 115 acessos de *Mangifera indica* conservados em campo. Réplicas desses acessos têm sido mantidos no BAG da Embrapa Semi-Árido, onde pesquisas com a cultura também são desenvolvidas. Segundo Pinto & Ferreira (2005), embora a mangueira seja a quinta mais importante espécie frutífera do mundo, os melhoristas têm uma pequena variabilidade genética à sua disposição para uso no melhoramento, já que a manutenção de um banco de germoplasma é muito cara. Atualmente o BAG Manga, além dos objetivos conservacionistas, atende ao fornecimento de material vegetativo e embriônico e a pesquisas para obtenção de híbridos com potencial para a indústria de sucos e para o consumo ao natural.

Tabela 3. Relação das espécies existentes na coleção de fruteiras tropicais e subtropicais da Empresa IPA.

NOME COMUM	LOCAL	Nº ACESSOS
Abacaxi	E.E. Itambé	12
Aceloreira	E.E. Ibimirim	14
Aceloreira	Comocim de São Félix	12
Araçá-comum	E.E. Itapirema	110
Cajazeiro	E.E. Itambé	33
Cajá-umbú	E.E. Itambé	35
Cajarana	E.E. Itambé	3
Cajueiro Anão	Comocim de São Félix	4
Carambola	E.E. Itambé	70
Ciriguela	E.E. Itambé	11
Citros	E.E. Itambé	31
Goiaba	E.E. Araripina	21
Goiaba	E.E. Ibimitim	250
Graviola	E.E. Araripina	18
Graviola	E.E. Ibimitim	45
Jaboticabeira	E.E. Garanhuns	22
Jaqueira	E.E. Itapirema	43
Macadâmia	E.E. Garanhuns	3
Mangabeira	E.E. Porto de Galinhas	143
Pinheira	E.E. Ibimirim	85
Pitangueira	E.E. Itambé	120
Pitangueira	Comocim de São Félix	10
Pomelo	E.E. Ibimirim	6
Romã	E.E. Ibimirim	35
Sapotí	E.E. Itapirema	270
Tâmara	E.E. Araripina	4
Tangerina	Comocim de São Félix	13
Tangerina	E.E. Itambé	13
Umbu	E.E. Serra Talhada	31

E.E.: Estação Experimental

No Estado do Ceará as principais coleções de fruteiras encontram-se no Centro Nacional de Agroindústria Tropical (CNPAT) em Fortaleza. No CNPAT, encontra-se o BAG de caju com 440 acessos de *Anacardium occidentale*; 09 acessos de *Anacardium humile*; 20 acessos de *Anacardium othonianum* e 24 acessos de *Anacardium* spp. Alguns genótipos vêm sendo caracterizados para serem empregados em programas de melhoramento. Segundo Crisóstomo et al. (2002) genótipos da espécie *A. microcarpum* L. destacam-se por apresentarem algumas características contrastantes e positivas, em relação aos tipos comerciais, sobretudo quanto à adstringência. Estes genótipos vêm sendo empregados no melhoramento do cajueiro-anão-precoce pela introdução, via retrocruzamento, de características desejáveis em genótipos da espécie *A. microcarpum* existente no Banco de Germoplasma. Além do BAG - Caju, no CNPAT também são encontradas coleções de graviola, cajá e acerola (<http://www.mma.gov.br/port/sbf/chm/doc/cap2i.pdf>, 2005).

As Coleções do Estado de Pernambuco encontram-se distribuídas na Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), Embrapa Semi-Árido e Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Iniciada no ano de 1987, a partir de prospecção genética e coleta de germoplasma de diversas fruteiras nativas e exóticas do Estado, bem como de materiais provenientes de instituições de ensino e pesquisa, a coleção do IPA conta atualmente, com 29 espécies, Tabela 3 (Bezerra et al., 1997).

A partir de avaliações realizadas ao longo dos anos na Coleção de Germoplasma foi possível recomendar para as diversas regiões do Estado de Pernambuco, genótipos de sapotí, carambola, acerola, pinheira e pitanga.

A Embrapa Semi-Árido é responsável por oito acessos de goiabeira (*Pisidium cattelyanum*), 105 acessos de manga (*Mangifera indica*), 42 acessos de acerola (*Malpighia glabra*) e 70 acessos de umbu (*Spondia tuberosa*). Acessos de acerola também são mantidos na UFRPE.

As coleções do Estado da Paraíba encontram-se distribuídas na EMEPA, com 324 acessos de mangabeira e 21 acessos cajá. No Estado de Alagoas, a UFAL (Universidade Federal de Alagoas) mantém coleções de mangabeira e no Estado de Sergipe, a Embrapa Tabuleiros Costeiros (em Betume - SE) é responsável por 19 acessos de coco.

Contribuição da biotecnologia na caracterização e conservação de germoplasma

A demanda de recursos genéticos para a alimentação e agricultura tem gerado necessidades cada vez mais dependentes da utilização de novos métodos e processos biotecnológicos (Vilela-Morales & Valois, 2000). Os recentes avanços em biologia molecular marcaram o início de uma nova era na conservação de recursos genéticos com o advento de marcadores moleculares que permitem detectar o polimorfismo diretamente no DNA.

Os marcadores moleculares são usualmente divididos em dois grupos distintos metodologicamente: o primeiro engloba marcadores que utilizam técnicas de hibridização como, por exemplo, RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) e minissatélites, enquanto o outro grupo agrega marcadores baseados na reação da polimerase em cadeia (PCR). O desenvolvimento da técnica de PCR permitiu a síntese enzimática *in vitro* de milhões de cópias de um segmento específico de DNA na presença da enzima DNA polimerase. A partir dessa técnica derivaram-se inúmeros marcadores como RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism), SCAR (Sequence Characterized Amplified Regions), STS (Sequence Tagged Sites) e microssatélites.

Trabalhos utilizando marcadores moleculares têm propiciado informações-chaves para conservação tanto *in situ* (Rosseto et al., 1995; Tansley & Brown, 2000) quanto *ex situ* (Wünsch & Hormaza, 2004; Samal et al., 2004; Ortis et al., 2004 e Creste et al., 2004) de diversas espécies animais e vegetais.

Adicionalmente, análises de seqüências de mtDNA, cpDNA e nDNA também têm auxiliado estratégias conservacionistas, gerando informações importantes para o esclarecimento de relações filogenéticas, eventos de hibridação e confirmação de unidades taxonômicas, em diferentes organismos (Petit et al., 2002; Wörheide et al., 2002; Kelch & Baldwin, 2003).

A conservação *in situ*, de especial interesse em fruteiras sob extrativismo e em parentes silvestres de espécies cultivadas, tem sido beneficiada por esses marcadores que permitem estudar a distribuição da variabilidade genética em populações naturais, a partir da identificação de populações e locais prioritários para conservação, além de monitorar a longo prazo mudanças na estrutura genética, fluxo gênico, níveis de endogamia e tamanho efetivo de populações sob extrativismo.

No que tange à conservação *ex situ*, dados moleculares a respeito da diversidade genética podem ser usados para diversos objetivos como: (1) planejar coletas ou estratégias de intercâmbio de germoplasma; (2) selecionar acessos divergentes que abriguem valiosa variabilidade genética para programas de melhoramento a partir de cálculos de distância genética; (3) identificar acessos duplicados na coleção; (4) monitorar mudanças na estrutura genética de acessos regenerados; (5) caracterizar acessos, complementando as informações geradas por descritores morfológicos ou bioquímicos; (6) gerar informações para desenvolvimento de coleções nucleares representativas de toda coleção e ainda (7) determinar a presença de um alelo particular ou seqüência de nucleotídeo em um táxon, banco de germoplasma, população ou acesso.

A escolha do marcador ideal dependerá da questão a ser respondida e dos equipamentos e recursos financeiros disponíveis. No entanto, deve-se salientar que apesar das técnicas moleculares gerarem grandes possibilidades na conservação de RGV, estas ferramentas não devem ser vistas como substitutas de estudos morfológicos e bioquímicos, mas como complementares no entendimento da variabilidade disponível, auxiliando na manutenção e utilização sustentável da biodiversidade.

No tocante à cultura de tecidos, várias técnicas podem ser citadas no auxílio à caracterização, conservação e utilização do germoplasma em programas de melhoramento genético.

A conservação *in vitro* surge como uma alternativa de conservação de germoplasma, que deve ser considerada pelas vantagens que apresenta, como por exemplo, a manutenção de um grande número de acessos num pequeno espaço físico e livre das intempéries e riscos que existem no campo. Esta estratégia, quando bem conduzida, reduz os custos e garante a manutenção da fidelidade genética dos acessos conservados, facilitando a disponibilidade dos mesmos para o melhoramento genético e o próprio intercâmbio de germoplasma.

Na região Nordeste, a única fruteira que vem sendo conservada na condição *in vitro* é o abacaxi, apesar de que trabalhos para o estabelecimento de um BAG *in vitro* de maracujá e banana já estão em andamento (Junghans et al.,

2002; Gonçalves et al., 2004). Na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical já estão estabelecidos *in vitro* aproximadamente 100 acessos oriundos do BAG abacaxi em campo. A expectativa é que a transposição total do banco esteja terminada no final de 2007. Entre os materiais conservados encontram-se diferentes acessos do gênero *Ananas* e espécies afins, assim como algumas variedades de abacaxi com potencial ornamental. A obtenção das plântulas para a conservação é realizada por meio da multiplicação *in vitro* dos acessos a serem introduzidos, sendo necessário adequar condições para retardar o crescimento das plântulas, já que uma das desvantagens desta técnica é a necessidade de subcultivos periódicos, o que a torna laboriosa, além dos riscos de gerar plantas variantes. Alguns fatores influenciam no crescimento das plântulas, como temperatura, concentração osmótica e reguladores vegetais, que devidamente controlados, auxiliam no prolongamento do tempo entre subcultivos. Desta forma está sendo realizada uma série de trabalhos com a finalidade de prolongar o tempo de conservação do germoplasma de abacaxi *in vitro*, adequando as condições de cultivo e buscando a limitação do crescimento, otimizando o processo de conservação (Canto et al., 2004; Souza et al., 2005a).

Outra técnica utilizada para a conservação de germoplasma é a criopreservação, tipo de conservação realizada em temperaturas ultra baixas (-154°C aproximadamente), onde o objetivo é a parada total do metabolismo da planta. Esse tipo de conservação já começa a se fazer realidade para alguns cultivos, mas ainda apresenta muitas barreiras para sua utilização (Pérez et al., 1998; Ponis & Thint, 2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variabilidade genética das fruteiras nativas e exóticas existente na Região Nordeste, demarca a importância que deve ser dada para o aspecto da conservação desses recursos genéticos na região. O estímulo à sua utilização, dentro de um enfoque de sustentabilidade, passa inicialmente pela conservação e utilização racional do germoplasma existente.

A conservação *in situ* nessas regiões é difícil, não apenas pela falta de apoio dos governos locais, mas também pelo total desconhecimento da população, no que se refere à importância desse germoplasma e pelas condições sociais da mesma, além de alguns aspectos de ordem técnica. As coleções mencionadas nesse capítulo, em diferentes instituições e estados do Nordeste, em sua maioria, não apresentam uma adequada representação da diversidade genética da espécie em questão e muitas se encontram em situação precária, pela falta de recursos financeiros e humanos para sua manutenção. A grande maioria tem pouco do seu acervo caracterizado e portanto grande parte de seu potencial ainda permanece desconhecido.

O valor do material autóctone, no que se refere a fruteiras, precisa ser melhor explorado, já que a demanda por sabores diferentes cresce a cada dia no hábito alimentar do consumidor e as frutas representam uma larga fatia desse novo mercado. Outros aspectos que precisam ser considerados são a possibilidade de diversificação para o agricultor do Nordeste, com a vantagem de que as fruteiras nativas são adaptadas às nossas condições e o importante papel que o recurso genético autóctone desempenha no intercâmbio internacional por germoplasma exótico em um cenário de crescentes restrições.

É preciso, portanto, um programa que englobe várias ações integradas entre Instituições de diferentes Estados e que possam culminar no sucesso, tanto da preservação do germoplasma existente, quanto de sua utilização.

Em uma região com uma extensa diversidade biológica, biomas altamente diferenciados e enormes variações de sistemas agrícolas, a gestão de modelos em rede otimiza o trabalho em recursos genéticos agregando às atividades com objetivos similares, o potencial intelectual e as diversas capacidades institucionais. Outras vantagens do seu estabelecimento são a ordenação da informação e a determinação de atividades e espécies prioritárias, assim como o aporte racional de recursos humanos e financeiros para o desenvolvimento das ações integradas.

A formação de uma rede de recursos genéticos entre os Estados do Nordeste contribuirá não apenas para elaboração de um diagnóstico da situação atual dos recursos genéticos da região como para o estabelecimento de uma cultura de cooperação técnica que trará benefícios para vários segmentos da sociedade. Experiências semelhantes têm sido conduzidas no âmbito da Embrapa, por meio da Rede Nacional de Recursos Genéticos (RENARGEN) que utiliza esse modelo na gestão de recursos genéticos animais, vegetais e de microrganismos.

Uma das diretrizes iniciais para formação de uma rede na região Nordeste seria a realização de uma radiografia e um diagnóstico dos bancos de fruteiras existentes na região, bem como da infra-estrutura disponível para as atividades de caracterização, manutenção e documentação desse germoplasma, identificando, dessa forma, as demandas mais urgentes, e o estabelecimento de atividades prioritárias para cada espécie. Paralelamente, a avaliação do potencial da diversidade genética regional, identificando zonas de ocorrência e endemismo de diversas espécies de fruteiras, permitirá o delineamento de estratégias de coleta e conservação *in situ* e *ex situ* eficientes e representativas da variabilidade genética regional intra e interespecífica.

Iniciativas como essa, permitirão ampliar a oferta de variabilidade genética de fruteiras, de importância econômica, e de fruteiras nativas, para utilização nos programas de melhoramento, mediante a reestruturação das coleções dos BAG's e a otimização das ações de introdução, caracterização, avaliação e conservação de germoplasma regional.

REFERÊNCIAS

AVIDOS, D. M. F.; FERREIRA, L. T. Frutos do Cerrado: Preservação gera muitos frutos. **Biotecnologia: Ciência & Desenvolvimento**. Ano III. N 15. Julho/agosto de 2000.

BEZERRA, J. E. F.; SILVA JUNIOR, J. F.; LEDERMAN, I. E. Recursos Genéticos de Fruteiras Tropicais e Subtropicais no Brasil. IN: Recursos Genéticos de Espécies Frutíferas no Brasil. WORKSHOP PARA CURADORES DE BANCOS DE GERMOPLASMA DE ESPÉCIES FRUTÍFERAS (Brasília, 1997). **Anais....** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 190 p. 1999.

CABRAL, J. R. S.; FERREIRA, F. R.; MATOS A. P. de; SANCHES, N. F. **Banco ativo de germoplasma de abacaxi da Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Cruz das Almas, BA; EMBRAPA-CNPMP, 1998. 30p. (EMBRAP-CNPMP. Documentos, 80)

CANTO, A.M.E.; SOUZA, F.V D.; COSTA, M.A.C.C; SOUZA, A.S.; LEDO, C.A.S.; CABRAL, J.R.S. Conservação *in vitro* de germoplasma de abacaxi tratado com paclobutrazol. **Pesquisa. Agropecuaria Brasileira**. v. 39, n.7, p. 717-720. Jul. 2004.

CARVALHO, P.C.L. de; SOARES FILHO, W. dos SANTOS; RITZINGER, R.; CARVALHO, J.A. B.S. Conservação de germoplasma de fruteiras tropicais com participação do agricultor. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v.24, n.1, p.277 -281, 2002.

CASTELLEN, M. S. ; CERVI, A. ; AMARAL, W. A. N. . O gênero *Passiflora* nos Tabuleiros Costeiros. In: Josué Francisco da Silva Júnior. (Org.). Recursos genéticos dos Tabuleiros Costeiros e seus ecossistemas associados Série Fruteiras (no prelo).

CRESTE, S.; TULMAN NETO. A.; VENCONVSKY, R.; SILVA, S.O.S.; FIGUEIRA, A.; Genetic diversity of musa diploid and triploid accessions from the brazilian banana breeding program estimated by microsatellites markers. **Genetic Resources and crop Evolution**. Netherlands. v. 51. p. 723-733. 2004.

CRISÓSTOMO, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V., BARROS, L de M.; ALVES, R. E.; FREITAS, J. G.; OLIVEIRA, J. N. Melhoramento do Cajueiro-Anão-Precoce: Avaliação da Qualidade do Pedúnculo e a Heterose dos seus Híbridos. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal. v. 24, n. 2, p.477-480, 2002.

CRUZ, E. M. de O. **Caracterização e seleção de genótipos de mangabeira utilizando marcadores morfológicos e moleculares**. 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas-BA.

CUNHA, G.A.P da; CABRAL, R.S. Implantação da Cultura. In: CUNHA, G.A.P; CABRAL, R.S., SOUZA, L.F. da SILVA (org). **O ABACAXIZEIRO: Cultivo, Agroindústria e Economia**. Embrapa. Brasília, DF. Capítulo 6. P.139-167. 1999.

D'EECKENBRUGGE, G.C.; LIBREROS FERLA, D.; FERREIRA, F.F. Diversidade e potencial das fruteiras neotropicais. XV CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. *Este Mercado Vale Ouro*. **Conferências**. UFLA. 820p.1998.

FERREIRA, F.R. Recursos Genéticos de Fruteiras Tropicais e Subtropicais no Brasil. IN: Recursos Genéticos de

Espécies Frutíferas no Brasil. WORKSHOP PARA CURADORES DE BANCOS DE GERMOPLASMA DE ESPÉCIES FRUTÍFERAS (Brasília, 1997). **Anais....** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 190 p. 1999.

GIACOMETTI, D.C.; GOES, M. de. Conservação de germoplasma de espécies frutíferas pelo uso da biotecnologia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, BA, v.8, n.3, p.39-46, 1993.

GONÇALVES, K. S.; JUNGHANS, T. G.; VIDAL, Á. M.; SOUZA, A. da S. Efeito residual do meio de cultivo no desenvolvimento in vitro do maracujazeiro amarelo. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2004, Florianópolis. **Resumos....**, 2004.

IBPGR. Directory of germoplasm collections: 6 I- tropical and subtropical fruits and tree nuts. (Ed. BETRENCOURT, E.; HAZEKAMP, T.; PERRY, M. C.). Rome: International Board for Plant Genetic Resource (IBPGR), 1980. 269p.

JUNGHANS, T.G.; VIDAL, Á. M.; SOUZA, A. da S. Cultivo *in vitro* de ápices caulinares de maracujazeiro amarelo em função do meio de cultivo e temperatura. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA: Os Novos Desafios da Fruticultura Brasileira, 2002, Belém. **Resumos....**, 2002.

KELCH, D.G.; BALDWIN, B. G. Phylogeny and ecological radiation of New World thistles (*Cirsium*, Cardueae - Compositae) based on ITS and ETS rDNA sequence data. **Molecular Ecology**, v. 12, n. 1, p. 141-151, 2003.

NUNES, T. S. **A família Passifloraceae no Estado da Bahia, Brasil**. Feira de Santana: Universidade Federal de Feira de Santana, 2002. 170p.

ORTIZ, J.M.; MARTÍN, J.P.; BORREGO, J.; CHÁVEZ, J.; RODRÍGUEZ, I.; MUÑOZ, G.; CABELLO, F. Molecular and morphological characterization of a *Vitis* gene bank for the establishment of a base collection. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 51, n. 4, p. 403 - 409, 2004.

PAZ, O.P.; SILVA, S.O.S.; VILARINHOS, A.D.; utilização de marcadores moleculares RAPD para la caracterización del material diploide de banano: In: REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN PARA LA COOPERACIÓN EN INVESTIGACIONES DE BANANO EN EL CARIBE Y EL AMERICA TROPICAL (ACORBAT), 2000, San Juan, **Universidad de Puerto Rico/ ACORBAT**. 2000. p. 36.

PÉREZ, R.M.; MAS, O.; NAVARRO, L.; DURÁN-VILA, N. Production and cryoconservation of embryogenic cultures of mandarin and mandarin hybrids. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**. v. 55, n.1. p. 71-74. 1998.

PETIT, R.J.; CSAIKL, U.M.; BORDÁCS, S; BURG, K; COART, E; COTTRELL, J.; VAN DAM, B.; DEANS, J.D.; DUMOLIN-LAPÈGUE, S; FINESCHI, S. Chloroplast DNA variation in European white oaks: Phylogeography and patterns of diversity based on data from over 2600 populations. **Forest Ecology and Management**, v. 156, p.5-26, 2002.

PINTO, A.C.Q. FERREIRA, F.R. Recursos Genéticos e Melhoramento de Mangueira no Brasil. IN: Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro. Embrapa Semi-Árido. (<http://www.cpsa.embrapa.br/servicos/catalogo/livrorg/index.html>) Acessado em 25/04/2005.

PONIS, B.; THINT, N. T. Cryoconservation de matériel génétique de bananier. Guide technique INIBAP 5 (J.V. ESCALANT & S. SHARROCH, EDS.) **Réseau international pour l'amélioration de la banane et de la banana plantain**, Montpellier, France. 45p. 2001.

Primeiro Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica BRASIL <http://www.mma.gov.br/port/sbf/chm/doc/cap2i.pdf>. Acesso abril/2005.

ROSSETO, M. WEAVER, P.K.; DIXON, K.W. Use of RAPD analysis in devising conservation strategies for the rare and endangered *Grevillea scapigera* (Proteaceae). **Molecular Ecology**, v.4, p.321-329, 1995.

SAMAL, S.; LENKA, P.C.; NANDA, R.M.; NAYAK, S.; ROUT, G.R.; DAS, P. Genetic relatedness in cashew (*Anacardium occidentale* L.) germplasm collections as determined by randomly amplified polymorphic DNA. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.51, n. 2, p. 161-166, 2004.

SOUZA, F.V.D.; CABRAL, J.R.S.; CARDOSO, J.L.; BENJAMIN, D.A. Minimum growth conditions for the *in vitro* conservation of pineapple germplasm. IN: 5TH INTERNATIONAL PINEAPPLE SYMPOSIUM, 5, 2005, Port Alfred. **Proceedings...** Port Alfred, ISHS, 2005. P.49.

SOUZA, F.V.D.; CABRAL, J.R.S.; SANTOS-SEREJO, J.A.; MATOS, A.P.; CUNHA, G.A.P.; PEREIRA, M.E.C.; REINHARDT, D.H. Identification and selection of ornamental pineapple plants. IN: 5TH INTERNATIONAL PINEAPPLE SYMPOSIUM, 5, 2005, Port Alfred. **Proceedings...** Port Alfred, ISHS, 2005. p.47.

TANSLEY, S. A.; BROWN, C.R. RAPD variation in the rare and endangered *Leucadendron elimense* (Proteaceae): implications for their conservation. **Biological Conservation**, v.95, p.39-48, 2000.

VALOIS, A.C.C.; PAIVA, J.R.; FERREIRA, F.R.; SOARES FILHO, W. S.; DANTAS, J.L. Melhoramento de espécies de propagação vegetativa. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I. S. de, VALADARES-INGLIS, M.C. (Ed.) **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas**. Rodanópolis: Fundação MT, 2001, p. 283-291.

VILELA-MORALES, E.A. & VALOIS, A.C.C. Recursos genéticos vegetais autóctones e seus usos no desenvolvimento sustentável. **Caderno de Ciência e Tecnologia**. v. 17, n. 2. 32 p. 2000 (acessado em: <http://atlas.sct.embrapa.br/cct/CCT>).

WÖRHEIDE, G.; HOOPER, J.N.A.; DEGNAN, B.M. Phylogeography of western Pacific *Leucetta 'chagosensis'* (Porifera: Calcarea) from ribosomal DNA sequences: implications for population history and conservation of the Great Barrier Reef World Heritage Area (Australia). **Molecular Ecology**, v. 11, n. 9, p. 1753-1768, 2002.

WÜNSCH, A.; HORMAZA, J.I. Molecular evaluation of genetic diversity and S-allele composition of local Spanish sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 51, n. 6, p. 635-641, 2004.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO DE GENÓTIPOS DE FRUTEIRAS POTENCIAIS PARA O NORDESTE BRASILEIRO

**Simone Alves Silva, Ana Cristina Vello Loyola Dantas,
Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa, Claudia Fortes Ferreira
& Antonio Augusto Oliveira Fonseca**

CARACTERIZAÇÃO DE GENÓTIPOS DE FRUTEIRAS POTENCIAIS PARA O NORDESTE BRASILEIRO

Simone Alves Silva¹; Ana Cristina Vello Loyola Dantas¹; Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa¹; Claudia Fortes Ferreira²; Antonio Augusto Oliveira Fonseca¹

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: sas@ufrb.edu.br; acloyola@ufrb.edu.br; mapcosta@ufrb.edu.br

²Pesquisador - Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas-BA. E-mail: cfferreira@cnpmf.embrapa.br

INTRODUÇÃO

Tendo em vista a grande diversidade de fruteiras adaptadas às condições agroecológicas do Nordeste brasileiro, é necessário reconhecer a existência de algumas espécies com potencial para a conquista do mercado interno, para a exportação e também para a diversificação agrícola. A evolução econômica e a demanda dos mercados reforçam hoje o interesse dos países latinoamericanos para as frutas em geral. Não apenas a geração de divisas para o país e a diversificação regional devem ser consideradas, mas também a necessidade de se preservar e conservar espécies nativas ou bem adaptadas à região e que emergem como alternativas para o cultivo sustentável. Neste contexto, distintas culturas, como por exemplo a mangaba, o jenipapo, a jaca, o umbu, a pinha, a cajá, dentre outras, surgem como potencialmente interessantes para o Nordeste brasileiro. Investir no melhoramento e na conservação destas fruteiras proporciona uma importante alternativa agrícola ecologicamente eficiente e competitiva para o Estado da Bahia.

Dentre as possibilidades atuais de utilização das fruteiras do Nordeste destacam-se: o plantio em áreas de proteção ambiental; o enriquecimento da flora das áreas mais pobres; a recuperação de áreas desmatadas ou degradadas; a formação de pomares domésticos e comerciais e o plantio em áreas de reflorestamento, parques e jardins e em áreas acidentadas. Nesse sentido, muitos agricultores e chacareiros já estão implantando pomares de frutas nativas e exóticas e os viveiristas estão intensificando a produção de mudas.

Existem muitas limitações para a exploração comercial de fruteiras potenciais para o Nordeste brasileiro, já que as espécies ainda não foram domesticadas e vêm sendo exploradas de forma desorganizada. Caracterizar, identificar e preservar genótipos promissores, além de intensificar o melhoramento das espécies são estratégias necessárias para incluí-las como alternativas viáveis para exploração racional.

As plantas frutíferas englobam grande quantidade de espécies, com considerável diversidade quanto ao modo de reprodução, período juvenil, ciclo da planta e aos métodos de propagação. São geralmente perenes e lenhosas, alógamias e predominantemente de propagação sexuada.

Geralmente um Programa de Melhoramento de espécies pouco conhecidas inicia-se com a coleta, caracterização, avaliação de germoplasma e posterior seleção de genótipos mais promissores para serem utilizados como clones ou para etapas seguintes do melhoramento genético. Esta fase é conhecida como Pré-Melhoramento, ou *pre-breeding*, com ampla expectativa de progressos genéticos obtidos por meio do conhecimento da variabilidade genética, possibilitando o melhor direcionamento dos cruzamentos e desta forma, aumentando a frequência de combinações alélicas desejáveis na população.

Em virtude da alta variabilidade genética que comumente está disponível no seu *habitat* natural e da insuficiência de informações para definição de critérios de seleção, serão considerados neste capítulo alguns descritores utilizados para atender à caracterização da maioria das fruteiras.

DESCRITORES MORFOLÓGICOS

A caracterização morfológica consiste na anotação de descritores botânicos facilmente visíveis ou mensuráveis, tornando-os marcadores fenotípicos e que a princípio podem ser expressos em todos os ambientes. Estes marcadores são bastante acessíveis e variam em função do destino que será dado ao produto final e às diretrizes do programa de melhoramento genético.

A caracterização de genótipos constitui uma das principais etapas dos trabalhos com germoplasma, pois permite indicar cultivares com potencial de uso imediato pelos agricultores, bem como identificar acessos que apresentem características interessantes para o melhoramento. Neste sentido, o conhecimento das características físicas e químicas dos frutos pode contribuir para a seleção de tipos promissores e desejáveis ao estabelecimento de cultivares.

Os descritores morfológicos são ainda hoje o “cartão de apresentação” de uma nova variedade. Estes têm tido papel fundamental na divulgação das características agrônômicas de novos materiais genéticos e podem influenciar decisivamente na escolha de variedades por parte de agricultores e outros interessados. Quando se trata da distinguibilidade exigida pela Lei de proteção de cultivares, contudo, os descritores morfológicos apresentam limitações, especialmente na distinção de genótipos elites aparentados. Em culturas de base genética estreita, eles podem muitas vezes não distinguir adequadamente cultivares comerciais (Pecchioni et al., 1996).

Diversas fruteiras tropicais nativas e adaptadas têm sido caracterizadas em programas desenvolvidos no Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB, a exemplo de jenipapeiro, jaqueira, cajazeira, mangabeira e pinheira.

Jenipapeiro (*Genipa americana* L.)

O jenipapeiro é uma espécie alógama. O melhoramento desta espécie está voltado basicamente para a obtenção de frutos com menor cavidade interna, possibilitando um maior rendimento de polpa, melhor características organolépticas como cor, sabor e aroma, além da composição química do fruto como maior vitamina C, açúcares totais, pH e acidez titulável, a depender do destino no mercado consumidor (*in natura* ou industrialização), entre outros.

Os trabalhos de caracterização morfológica do jenipapeiro iniciaram em 1998, com a coleta de 30 genótipos no município de Cruz das Almas, visando identificar e indicar constituições genéticas úteis para a continuidade do melhoramento e/ou produzir matrizes para serem propagadas vegetativamente. Os frutos apresentaram formato ligeiramente alongado, com massa de 218,96 g, compostos por 60,84% de polpa, 5,27% de casca e 33,88% de sementes. A análise da polpa revelou um teor médio de 18,34° Brix, pH de 3,60, acidez total titulável (ATT) de 1,66%, 8,03% e 15,69% de glicídios redutores e totais, respectivamente, umidade de 73,75%, 1,22% de cinzas e relação SST/ATT de 11,58, detectando-se variabilidade para a maioria dos caracteres. Sendo assim, estes resultados permitiram a identificação de genótipos promissores, por apresentar frutos com massa acima de 200 g, boa percentagem de polpa, °Brix elevado e balanceamento organoléptico equilibrado, confirmando o potencial da fruteira tanto para consumo *in natura* como para industrialização (Santos, 2001).

Hansen (2006), avaliando 100 genótipos do Recôncavo Baiano, encontrou valores médios de massa do fruto de 261,11 g, rendimento de 85,19%, diâmetro longitudinal e transversal de 80,84 mm, sólidos solúveis totais de 17,18 °Brix, vitamina c de 2,76 mg 100 g⁻¹ e acidez total titulável de 1,40%, observando-se variabilidade nas plantas de jenipapeiro dentro e entre populações. Assim, a busca por constituições genéticas que agreguem atributos como maiores massa do fruto, rendimento em polpa e diâmetros longitudinal e transversal; elevados conteúdos de sólidos solúveis totais e vitamina C (para consumo *in natura*) e alta acidez total titulável (para industrialização), proporcionarão um maior progresso, com a seleção de genótipos que poderão ser indicados como cultivares comerciais.

Jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.)

Com relação à cultura da jaqueira, estudo de caracterização foi realizado por Lordêlo (2001). Foram avaliados 30 genótipos de jaqueira em nove frutos por planta num total de 270 frutos, através dos caracteres físicos como massa do fruto (4,72 kg), comprimento do fruto (28,82 cm), diâmetro do fruto (19,89 cm), massa da polpa (1,44 kg), massa do bagunço (5,13 cm), espessura da casca (0,75 cm), número de sementes normais e anormais (105,90 e 14,24, respectivamente), número total de bagos (120,14), massa da semente (495,27 g) e massa da casca (2,37 kg). O percentual de polpa encontrado foi de 30,49%, inferior ao da casca (50,26%), a semente representou 10,50% do fruto e o bagunço 8,74%. Quanto aos caracteres químicos, a jaca apresentou valores médios de 25,81° Brix, pH de 5,01, acidez titulável total (ATT) de 0,31% de ácido cítrico, 6,67%, 12,44% e 19,11% de glicídios redutores, não redutores e totais, respectivamente; umidade de 73,58%, 0,86% de cinzas e 86,19 para a relação SST/ATT, observando-se variabilidade para a maioria dos caracteres. Foram identificadas plantas com interesse para o processamento e/ou industrialização e para consumo *in natura*, sendo os caracteres massa do fruto e percentagem de polpa, mais importantes para a seleção de genótipos promissores. Por suas qualidades organolépticas, a jaca pode representar um potencial econômico, social e alimentício a ser explorado, constituindo-se numa alternativa ao incremento da renda familiar além de oferecer aos pequenos e micro industriais, opções de investirem no processamento de doces, sucos, compotas, licores etc.

Cajazeira (*Spondias lutea* L.)

A caracterização morfológica de 30 genótipos de cajazeira em 10 frutos por planta foi realizada por Pinto (2002). Foram avaliados caracteres como massa do fruto, percentual de polpa, de casca e de semente e caracterização físico-química e física de frutos como pH, SST, ATT, vitamina C, SST/ATT, rendimento industrial, massa total do fruto, massa da semente, massa da casca, massa da polpa, rendimento de polpa e coloração de polpa. Foi verificada ampla variabilidade genética nas populações estudadas o que propicia a coleta de genótipos para futuros trabalhos de melhoramento e montagem de coleções e/ou bancos de germoplasma.

Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes)

Expedições de coletas de 100 genótipos de mangaba em quatro regiões da Bahia, incluindo os municípios de Iramaia, Conde, Ouriçangas e Nova Soure, mostraram comportamento diferenciado entre as plantas dentro da população em relação a caracteres físicos e físico-químicos, evidenciando uma alta variabilidade genética entre os genótipos. Nas distintas regiões avaliadas foi verificada ausência de pressão de seleção dentro das populações o que possibilitou a ocorrência desta variabilidade, independente da distância geográfica. Destas análises, distintos genótipos foram identificados como superiores quanto a características físicas, químicas e físico-químicas com alto teor de vitamina C, em torno de 113,07 mg; teor de ácido ascórbico/100g de polpa em frutos maduros (2,21%), teor de sólidos solúveis totais (15,82 °Brix), massa do fruto (35,76 g), diâmetros transversal (38,49 mm) e longitudinal (41,95 mm) e massa da polpa (33,84 g), sendo esta última característica como a mais promissora para um melhor desempenho da mangabeira, por representar a maior procura tanto no mercado *in natura* quanto para industrialização. Desta forma, é possível estabelecer coleções biológicas organizadas, com ampla base genética, desprovidas de duplicatas desordenadas para o melhor acompanhamento do desempenho desta espécie, dos cruzamentos controlados e do ajuste ao ambiente avaliado, visando sua adaptabilidade e estabilidade e posterior lançamento de variedades (Cruz, 2005).

Os descritores morfológicos de folhas, flores, frutos e sementes de mangabeira também foram aplicados, visando principalmente estabelecer subsídios teóricos de taxonomia, como aporte ao programa de melhoramento genético de mangabeira. As plantas apresentaram folhas com limbo foliar de forma lanceolada do tipo oblongo-lanceolado, caracterizado por ápice e bases quase iguais sendo que o primeiro é ligeiramente agudo. As nervuras das folhas apresentaram-se de forma penivênias do tipo obliquivênias, sendo a margem do limbo lisa. Além disso, constatou-se que a filotaxia é do tipo oposta dística, em virtude de partirem duas folhas do mesmo nó, em sentidos opostos e no mesmo plano de inserção. O estudo da morfologia foliar, bem como de outras características botânicas serão fundamentais para caracterizar a diversidade de variedades que ocorrem na região estudada (Sousa et al., 2004).

Pinheira (*Annona squamosa* L.)

Visando identificar materiais de interesse para utilização em sistemas de cultivo e em programas de melhoramento genético, foram caracterizados 30 genótipos de pinheira provenientes do município de Presidente Dutra (BA), avaliando-se: comprimento do fruto, diâmetro do fruto, massa do fruto, massa da semente, massa da casca, massa do receptáculo, espessura da casca, massa da polpa, rendimento da polpa, pH, sólidos solúveis totais (STT), acidez total titulável (ATT), vitamina C, relação (STT/ATT), umidade, cinza, açúcares totais, açúcares redutores e açúcares não-redutores. Análise por estatística descritiva e multivariada, utilizando-se as técnicas de agrupamento e análise de componentes principais mostraram variabilidade para a maioria dos caracteres, com a formação de dez grupos de genótipos, possibilitando a identificação de materiais promissores (Sousa, 2005).

MARCADORES MOLECULARES

Marcadores moleculares são características de DNA que diferenciam dois ou mais indivíduos e têm base mendeliana. São moléculas como DNA ou proteínas que marcam uma região ou regiões do genoma, ligada(s) a alguma característica de interesse agrônomo. Características morfológicas e agrônomicas têm a desvantagem de serem influenciadas pelos fatores do ambiente e podem não representar a real similaridade ou diferença entre os indivíduos. Por outro lado, marcadores genéticos representam estritamente a variação genética, não sofrendo influência do ambiente (Weising et al., 1995).

O uso de marcadores moleculares representa uma ferramenta adicional em programas de melhoramento genético em frutíferas, oferecendo novas possibilidades no manejo de uma coleção, permitindo a comparação entre indivíduos e identificando duplicatas (Engelborhs et al., 1998), além de possibilitar a classificação do germoplasma em grupos de interesse para os diferentes programas de melhoramento. Permite, também, determinar a presença ou ausência de gene(s) ligado(s) a características específicas para fins de melhoramento, com a vantagem de se fazer as análises antes do material ir para o campo. Com isso, diminui-se o volume de material que necessitaria de cuidados como adubação, capina, irrigação etc., havendo redução no número de gerações de melhoramento necessárias no desenvolvimento de variedades.

Polimorfismos em nível de DNA podem ser detectados por vários métodos. As diferenças entre indivíduos são notadas quando se visualiza diferentes tamanhos de fragmentos de DNA entre estes. A forma como esses fragmentos são obtidos varia com o tipo de metodologia empregada (Hillis et al., 1990).

Entre os marcadores de DNA, os quatro mais utilizados são Polimorfismo de Comprimentos de Fragmentos de Restrição (RFLP), o Polimorfismo de Fragmentos Aleatórios e Amplificados de DNA (RAPD), o Polimorfismo de Comprimentos de Fragmentos Amplificados (AFLP), minissatélites e os microssatélites (Ferreira & Grattapaglia, 1998). Entre esses marcadores, as isoenzimas e proteínas de semente são menos úteis para escolha de pais em populações geneticamente homogêneas, em razão da variabilidade relativamente pequena dos mesmos.

A técnica RFLP consiste basicamente no uso de enzimas de restrição que corta o DNA em sítios específicos, produzindo um grande número de fragmentos. Esta técnica é elaborada, mais demorada que as outras técnicas para obtenção de resultados de custo relativamente alto, e tem revelado um grau de polimorfismo de intermediário a baixo, conforme a espécie. Mesmo assim, os RFLPs têm sido utilizados em um grande número de estudos de caracterização de cultivares (Gebhardt et al., 1989; O'Donoghue et al., 1994; Autrique et al., 1996). Isso tem sido devido principalmente a sua alta consistência e repetibilidade na obtenção dos resultados.

Os minissatélites ou locos VTNR são seqüências repetitivas de DNA, adjacentes e em número variável (Jeffreys et al., 1985). O polimorfismo detectado resulta de variações no número destas seqüências. Essa técnica é similar a de RFLP, variando basicamente o tipo de sonda utilizado, com as vantagens e desvantagens já apresentadas para a técnica anterior. Uma vantagem adicional dos minissatélites é o alto grau de polimorfismo apresentado, decorrente da variação na distribuição dos sítios de restrição, das sondas utilizadas e do número e tipos das seqüências repetitivas. Minissatélites têm sido utilizados no melhoramento de frutíferas para a identificação de variedades, cultivares e clones e análise de diversidade genética (Daly et al., 1991).

O AFLP foi descrita por Vos et al. (1995), sendo uma técnica que possui grande capacidade para detecção de variabilidade genética e uso em caracterização de cultivares. O polimorfismo obtido com esta técnica está baseado em diferenças entre genótipos na distribuição dos sítios de restrição e na amplificação diferencial de fragmentos, possuindo, desta maneira, grande capacidade para detecção de variabilidade genética no nível de DNA. Entre as vantagens do uso de marcadores AFLP, estão o alto grau de polimorfismo e o mais alto número de marcadores obtidos por gel analisado. Apesar deste marcador ter natureza dominante, "softwares" têm sido desenvolvidos para distinguir indivíduos homocigotos e heterocigotos (Vos et al., 1995). Marcadores AFLP são utilizados com sucesso para detectar diferenças genéticas e variantes somaclonais em banana (Engelborghs et al., 1998), na identificação e monitoramento de genes de importância em maçã (Wang-Caihong et al., 2001) e em estudos de diversidade genética em pêssego (Aranzana et al., 2001).

Os microssatélites consistem em seqüências de 1 a 6 nucleotídeos, repetidas lado a lado, e representam regiões instáveis do genoma que estão sob alterações mutacionais a taxas muito maiores do que as observadas na seqüência de cópia única. A instabilidade dos microssatélites resulta em marcadores altamente polimórficos, multialélicos, que são extremamente úteis em estudos de genética. A maior vantagem dessa técnica é o elevado polimorfismo revelado, o que a torna uma das melhores opções para uso na caracterização de cultivares, especialmente em germoplasma aparentado e de baixa variabilidade. Estes marcadores têm sido utilizados para aplicações de mapeamento genético em inúmeras frutíferas (Kijas et al., 1995; Crouch et al., 1998; Cipriani et al., 1999; Ulanovsky et al., 2002).

A técnica de DNA polimórfico amplificado ao acaso (RAPD), desenvolvida por Williams et al. (1990), utiliza primers mais curtos e de seqüência arbitrária, o que elimina a necessidade do conhecimento prévio da seqüência alvo. O polimorfismo de RAPD tem natureza binária (presença ou ausência). São marcadores dominantes, não permitindo a distinção de heterocigotos. É uma técnica significativa na detecção de variabilidade genética e não requer mão de obra especializada (Ferreira & Grattapaglia, 1998).

Como todas as diferenças entre os seres vivos estão presentes no DNA, um indicador de reação terá sua seqüência complementar a uma determinada região em um indivíduo, sendo que essa mesma região pode não existir em outro indivíduo. Por exemplo, se um genótipo de maracujazeiro confere resistência a uma bacteriose, essa informação está impressa no DNA desta cultivar. Um outro genótipo que não apresente a resistência, não trará gravado em seu DNA essa informação. Nessa região, portanto, os genomas das duas cultivares serão diferentes. O indicador

amplificará fragmentos no primeiro indivíduo, mas não no segundo, desta forma eles serão separados pelo RAPD (Moreira, 2003).

Estimativas de distância genética baseada na análise direta de DNA eliminam complicações advindas da avaliação do fenótipo, como influência do ambiente e baixo número de polimorfismo. Sendo assim, técnicas que permitem identificar marcadores moleculares ligados a genes responsáveis por características de importância agrônômica, representam importantes ferramentas na seleção antecipada (Ferreira & Grattapaglia, 1998).

O uso de marcadores moleculares representa uma ferramenta adicional em programas de melhoramento genético em frutíferas, oferecendo novas possibilidades no manejo, permitindo a comparação entre indivíduos, identificação de duplicatas, a classificação de germoplasma, a presença ou ausência de gene ligado a características específicas, com a vantagem de análises precoces antes dos genótipos irem para o campo. Com isso diminui o volume de plantas que necessitam de cuidados como adubação, capina, irrigação etc., havendo redução no número de gerações de seleção necessárias para o desenvolvimento de variedades (Moreira, 2003).

A utilização de marcadores moleculares como ferramenta de seleções em culturas perenes, como a maioria das fruteiras com potencial para o Nordeste brasileiro, é uma tecnologia extremamente atraente tendo em vista o tempo necessário para completar uma geração de melhoramento desta espécie. A perspectiva de tornar mais eficiente a seleção precoce e com isso aumentar o ganho genético por unidade de tempo, faz com que o melhoramento de espécies frutíferas seja a área onde o uso efetivo desta tecnologia tende a ter as melhores perspectivas de sucesso. Além disto, encontrar marcadores moleculares aliados às características fenotípicas de maior rendimento do produto final aferidos por dados biométricos, é de grande contribuição para o êxito na seleção de genótipos superiores destas culturas. O uso de marcadores moleculares no Centro de Ciências Agrárias tem sido feito com à cultura da mangabeira e está sendo aplicado à cultura do jenipapeiro.

Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes)

A caracterização molecular desta fruteira teve como objetivo determinar a distância genética entre os genótipos coletados utilizando a técnica de RAPD, a fim de identificar o polimorfismo presente nos genótipos avaliados e sua resposta em comparação à caracterização morfológica. As estimativas de distância genética foram aplicadas baseadas na análise direta do DNA como ferramenta adicional na confirmação dos valores morfológicos.

Em trabalho pioneiro, avaliando os marcadores RAPD em mangaba (Cruz, 2005), dos oito primers amplificados, dois foram monomórficos e seis polimórficos. Os seis primers responsivos geraram 28 produtos de amplificação (bandas), com o número de fragmentos produzidos variando de 3 (OPB-19) até 7 (OPH-15). Segundo Colombo et al. (1980), 10 a 30 primers, gerando 50 a 100 bandas polimórficas, são suficientes para estimar relações genéticas dentro e entre espécies.

Em trabalho subsequente foram avaliados 50 primers, sendo que 32 proporcionaram eficiência na amplificação, com bandas de padrão de visualização adequada. Nesta amplificação foi gerado um total de 407 bandas, sendo 257 polimórficas e 150 monomórficas (Capinam, 2007). Desta forma, os marcadores moleculares evidenciaram variabilidade pela presença de polimorfismo, a qual foi respaldada com similar variabilidade detectada com a caracterização morfológica.

Jenipapeiro (*Genipa americana* L.)

A formação de grupos gerados por mensurações físicas e químicas poderão ser respaldadas ao confirmarem suas informações genéticas diretamente do DNA. Por esta razão, em trabalho realizado por Hansen (2006), os genótipos foram avaliados utilizando técnicas de marcadores moleculares do tipo RAPD. Neste trabalho, dos 119 primers testados, 17 forneceram produtos nítidos de amplificação e boa repetibilidade. Pode-se observar padrões de bandas diferentes, indicando a presença de variabilidade genética entre os genótipos avaliados. Um total de 185 marcadores foram amplificados, com uma média de 10,7 por primer. O número de bandas polimórficas foi de 148 (81,32%) e variou de 3, com o primer OPAI-01 à 13, com o primer OPH-13. A utilização desta técnica demonstrou existência de polimorfismo no material em estudo, sendo uma técnica viável e uma importante ferramenta na identificação da variabilidade genética em jenipapeiros, comprovando a formação de grupos dissimilares, identificados também por marcadores morfológicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O melhoramento pressupõe a necessidade de modificar a constituição genética do indivíduo, cujas deficiências e qualidades são conhecidas, e tem como objetivo final o aumento da produtividade, melhoria da qualidade e adaptação a determinado ambiente. Assim, as informações sobre a variabilidade disponível facilita o estabelecimento dos objetivos de um programa de melhoramento.

São vários e distintos os mecanismos utilizados para obtenção de melhoria para as fruteiras pouco exploradas e de grande potencial econômico e social. A presença de ampla variabilidade constitui a primeira etapa para o alcance de tal objetivo. É onde a seleção pode atuar, identificando os genótipos distintos e superiores para serem multiplicados, conservados e manipulados através de cruzamentos genéticos ou incorporação de genes promissores por biotecnologia.

Iniciar um programa de melhoramento implica em compromissos a médio e longo prazo, disponibilidade de germoplasma com ampla variabilidade e conhecimento acumulado sobre a biologia da espécie a ser estudada.

Por fim, a estratégia para o melhoramento de fruteira deve conter as seguintes fases: identificação das características importantes a serem melhoradas; escolha da metodologia adequada para avaliação do material; identificação de fontes de variação genética dentro do germoplasma disponível; escolha e recombinação dos genitores; seleção dos segregantes superiores; comparação do material melhorado com um padrão existente; avaliação do comportamento da planta; distribuição do novo material.

Vários fatores têm sido apontados como difíceis de serem superados pelo melhoramento de fruteiras ainda pouco exploradas, como o pequeno conhecimento sobre a variabilidade destas espécies; o reduzido estoque de informações básicas sobre a biologia e a genética do material a ser melhorado (modo de reprodução, localização de genes, estudo sobre herança etc); a necessidade de adaptação das metodologias de melhoramento e técnicas experimentais e a demora na obtenção de novas cultivares decorrente da necessidade de avaliação no ambiente de cultivo.

Todas estas dificuldades serão superadas com pesquisas que agreguem informações e na criação de Programas de Melhoramento destas fruteiras potenciais, que mesmo a médio e longo prazo possam ser estreitados com adição de tecnologias complementares e eficientes. Frente a esta preocupação, tecnologias de marcadores moleculares, culturas de tecidos, seleção em cultivo hidropônico em estádio de plântula e propagação vegetativa de genótipos promissores, poderão tornar efetivo o progresso genético destas espécies.

REFERÊNCIAS

ARANZANA, M. J.; VICENTE, M. C. de; ARUS, P. Comparison of fruit and leaf dna extracts for AFLP and SSR analysis in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). **Acta Horticulturae**, France, n. 546, p. 297-300, 2001.

AUTRIQUE, E.; NACHIT, M.M., MONNEVEUX, P.; TANKSLEY, S.D.; SORRELLS, M.E. Genetic diversity in durum wheat based on RFLPs, morphological traits and coefficient of parentage. **Crop Science**, v. 36, p. 735-742, 1996.

CAPINAN, G. C. S. **Seleção de germoplasma de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) definida por marcadores morfológicos e moleculares**. 120 f. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas.

CIPRIANI, G. et al. AC/GT and AG/CT microsatellite repeats in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch): isolation, characterisation and cross-species amplification in *Prunus*. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 99, p. 65-72, 1999.

COLOMBO, C.; SECOND, G.; VALLE, T. L.; CHARREIRA, A. Genetic diversity characterization of cassava cultivars (*Manihot esculenta* Crantz) with RAPD markers. **Genetic and Molecular Biology**, v. 21, n. 1, p. 105-113, 1998.

CROUCH, H. K. et al. Segregation of microsatellite loci from haploid and diploid gametes in *Musa*. **Crop Science**, Madison, v.38, p.211-217, 1998.

CRUZ, E. M. de O. **Caracterização e seleção de genótipos de mangabeira utilizando marcadores morfológicos e moleculares**. 2005. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

DALY, A. et al. **The isolation and characterization of plant sequences homologous to human hypervariable minisatellites**. In: BURKE, T. et al. DNA fingerprinting: approaches and applications. Basel: Birkhäuser, 1991. p.330-341.

ENGELBORGHIS, I., SWENNEN, R., VAN CAMPENHOUT, S. Capacidad del AFLP para detectar diferencias genéticas y variantes somaclonales en *Musa* spp. **Infomusa**, Montpellier, v. 76, n. 2, p. 3-6, 1998.

FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 3ª ed. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1998, p.220.

GEBHARDT, C.; BLOMENDAHL, C.; SCHACHTSCHABEL, U.; DEBENER, T; SALAMINI, F.; RITTER, E. 1989. Identification of 2n breeding lines and 4n varieties of potato (*Solanum tuberosum*, ssp. *tuberosum*) with RFLP-fingerprints. **Theoretical and Applied Genetics**. 78:16-22.

HANSEN, D. S. **Marcadores agrônômicos e moleculares na caracterização de jenipapeiros do Recôncavo Baiano**. 77 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

HILLIS, D. M. et al. **Nucleic acids III: sequencing**. In: HILLIS, D. M., MORITZ, C. Molecular systematics. Sunderland: Sinauer Associates, 1990. p.318-370.

JEFFREYS, A.J.; WILSON, V.; THEIN, S.L. Hypervariable 'minisatellite' regions in human DNA. **Nature**, v. 316, p. 76-79, 1985.

KIJAS, J. M. H.; FOWLER, J. C. S.; THOMAS, M. R. An evaluation of sequence tagged microsatellite site markers for genetic analysis within *Citrus* and related species. **Genome**, Ottawa, v. 38, p. 349-355, 1995.

LORDÊLO, L. S. **Caracterização de jaqueiras (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) em Cruz das Almas-BA**. 2001, 64 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas.

MILLER, P. M. Programa TFPGA (Tools for population genetic analyses): versão 1.3. Califórnia: UCC, 1997. Disponível: <http://bioweb.usu.edu/mpmbio.cist.html> Consultado em 01/2005.

MOREIRA, R. F. C. Marcadores bioquímicos e de DNA: importantes ferramentas no melhoramento genético de fruteiras. Toda fruta. Site: www.todafruta.com.br Consultado em 09/2003.

O'DONOUGHUE, L.S.; SOUZA, E.; TANKSLEY, S.D.; SORRELLS, M.E. Relationships among North American oat cultivars based on restriction fragment length polymorphisms. **Crop Science**, v. 34, p. 1251-1258, 1994.

PECCHIONI, N.; FACCIOLI, P.; MONETTI, A.; STANCA, A.M., TERZI, V. Molecular markers for genotype identification in small grain cereals. **Journal Genetics Breeding**, v. 50, p. 203-219, 1996.

PINTO, W. da S. **Caracterização de genótipos de cajazeira (*Spondias lutea* L.) e as necessidades do sistema agroindustrial**. 2002, 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas.

SANTOS, R. O. S. **Caracterização de jenipapeiros (*Genipa americana* L.) em Cruz das Almas-BA.** 2001, 65 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas.

SOUSA, S. A. **Cultura da pinheira: caracterização de genótipos, germinação e atributos de qualidade requeridos pelo sistema de comercialização no CEASA de Salvador-BA.** 2005, 77p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas.

SOUSA, C. da S.; SILVA, S. A.; ALMEIDA, A. B.; SALDANHA, R.B. Caracterização morfológica de folhas de mangabeira em Nova Soure e Ouriçangas no Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2004. **Anais...** Porto Seguro/BA.

ULANOVSKY, S. et al. Use of molecular markers in detection of synonymies and homonymies in grapevines (*Vitis vinifera* L.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 92, p. 241-254, 2002.

VOS, P. et al. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. **Nucleic Acids Research**, Oxford, v. 23, p. 4407-4414, 1995.

WANG-CAIHONG. et al. Cloning an AFLP marker of columnar gene (co) of apple. **Journal of Fruit Science**, Alexandria, v. 18. p. 193-195, 2001.

WEISING, K. et al. **DNA fingerprinting in plants and fungi.** New York: CRC Press, 1995. 322p.

WILLIAMS, J. G. K.; KUBELIK, A. R.; LIVAK, K. J.; RAFALSKI, J. A.; TINGEY, S. V. **DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful genetic markers.** **Nucleic Acids Research**, Oxford, v. 18, p. 6531-6535, 1990.

CAPÍTULO 3

PROPAGAÇÃO DE FRUTEIRAS POTENCIAIS PARA O NORDESTE BRASILEIRO

Ana Cristina Vello Loyola Dantas,
Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa,
Simone Alves Silva & Janay Almeida dos Santos-Serejo

PROPAGAÇÃO DE FRUTEIRAS POTENCIAIS PARA O NORDESTE BRASILEIRO

Ana Cristina Vello Loyola Dantas¹; Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa¹; Simone Alves Silva¹;
Janay Almeida dos Santos-Serejo²

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: acloyola@ufrb.edu.br; mapcosta@ufrb.edu.br; sas@ufrb.edu.br

²Pesquisador - Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas-BA

INTRODUÇÃO

A propagação de plantas consiste em realizar sua multiplicação por via sexuada ou assexuada e tem sido uma atividade fundamental para a humanidade desde o início da civilização. Um estudo de propagação de plantas envolve conhecimento dos procedimentos técnicos, que requer prática e experiência; da estrutura e forma de desenvolvimento da planta e da espécie e dos métodos de propagação relacionados, podendo considerar-se que a propagação envolve aspectos de arte, ciência e técnica (Hartmann & Kester, 1994).

A reprodução sexuada é o principal mecanismo de multiplicação das plantas superiores e de praticamente todas as angiospermas e resulta em população com variabilidade genética devido à segregação e à recombinação de genes. Em fruticultura, o uso da propagação sexuada tem sido restrita, sendo recomendada para obtenção de porta-enxertos e de novas cultivares, para espécies com dificuldade de multiplicação por outros meios, para obtenção de clones nucelares e em plantas homozigotas, em situações mais específicas. A escolha da planta matriz, dos frutos e o preparo e seleção das sementes constituem etapas importantes para a obtenção de plantas vigorosas.

Embora a utilização das sementes seja mais difundida para a maioria das frutíferas tropicais, quase todas as espécies podem ser propagadas vegetativamente, sendo o método mais indicado por possibilitar a obtenção de plantas uniformes, com início de produção precoce e idêntica à planta-mãe, entre outras vantagens. Os métodos para propagação assexuada normalmente utilizados em plantas frutíferas são: estaquia, mergulhia (alporquia), enxertia (borbulhia, garfagem, encostia). Algumas espécies produzem estruturas utilizadas para propagação, a exemplo de rebentos e filhotes. A propagação vegetativa utilizando técnicas de cultura de tecido pode ser um valioso instrumento na propagação clonal rápida de fruteiras, em larga escala. Uma das grandes vantagens dessa técnica é a manutenção do genótipo e fenótipo de plantas propagadas por esse sistema (Giacometti, 1990).

A micropropagação de espécies lenhosas vem sendo estudada há várias décadas e tem como objetivo básico o estabelecimento de uma metodologia de multiplicação clonal de indivíduos superiores. Esta técnica pode ser feita via gemas pré-existentes ou cultura de calos derivados de diferentes tecidos. Por sua vez, a cultura de calos visa à regeneração via organogênese ou embriogênese.

Apesar dos grandes avanços das técnicas de cultura de tecidos, a otimização de protocolos eficientes que estimulem a organogênese e/ou embriogênese em plantas lenhosas tem sido muito limitada, em virtude da recalcitrância da maioria dessas espécies. Dentre os poucos trabalhos, pode-se mencionar aqueles realizados por Cervera et al. (1998) e Moura et al. (2001) em citros (*Citrus sinensis* L. Osbeck), Rodriguez & Wetzstein (1998) em pecan (*Carya illinoensis* (Wagenh.) C. Kock), Almeida et al. (1996) em urucum (*Bixa orellana* L.), dentre outros. Entretanto, a regeneração de plantas *in vitro* a partir de explantes meristemáticos tem sido reportada em diversas espécies lenhosas, tais como *Persea americana* Mill (Barceló-Muñoz et al., 1999), *Vitis vinifera* L. (Peixoto & Pasqual, 1996), *Actinidia deliciosa* (Chev.) Liang & Ferguson (Nachtigal et al., 1995), *Eucalyptus* (Xavier & Comério, 1996), *Malus domestica* Borkh (Centellas et al., 1999) e muitas outras. O desenvolvimento de métodos de regeneração de plantas *in vitro* via organogênese ou embriogênese somática é requisito necessário para utilização de técnicas biotecnológicas como a transformação genética ou hibridação somática (Brasileiro & Dusi, 1999), que têm sido, cada vez mais, incorporadas nos programas de melhoramento genético de plantas (Borém, 2001).

Segundo Lerdeman et al. (1992), a propagação assexuada das principais espécies frutíferas cultivadas comercialmente já é uma prática amplamente difundida e adotada pelos viveiristas e produtores de frutas tropicais, subtropicais e temperadas. Por outro lado, as fruteiras nativas e exóticas típicas do Nordeste brasileiro ainda são propagadas única e exclusivamente por via seminífera. Fruteiras como jaca, jenipapo, pitanga, umbu, pinha, mangaba, entre outras, são exemplos práticos da utilização de sementes como meio de propagação e formação de mudas para o plantio. Com a demanda crescente do mercado por produtos de alta qualidade e com características agrônômicas bem

definidas, e com a importância crescente de fruteiras até então pouco exploradas, estudos têm sido realizados para maior conhecimento do processo de multiplicação, buscando desenvolver e adaptar tecnologias de propagação para diversas espécies frutíferas tropicais nativas e exóticas. O objetivo deste trabalho foi reunir informações sobre a propagação de espécies frutíferas com potencial no Nordeste brasileiro, divulgando resultados da literatura e de pesquisas realizadas no Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Cultura do jenipapeiro (*Genipa americana*)

A propagação do jenipapo se dá via sementes e vegetativamente, por alporquia e enxertia, entre outros métodos (Carvalho, 1994; Jenipapo, 2003b), com predominância do uso das sementes.

Na propagação por sementes, os frutos devem ser provenientes de plantas isentas de pragas e doenças e de boa produção, coletados quando começam a cair, retirando-se as sementes por meio da maceração. Após secagem à sombra por 48 horas, a semeadura é feita preferencialmente em sacos de polietileno com dimensões mínimas de 20 cm de altura e 7 cm de diâmetro ou em sementeiras previamente preparadas (Santos, 1978). Na semeadura em sacos de polietileno, pode-se colocar 3 a 4 sementes a 2 a 3 cm de profundidade, realizando-se o desbaste quando a planta apresentar 10 cm de altura, cortando-se as plantas restantes. As sementeiras devem ter dimensões de 1,2 m de largura x 0,30 m de altura x 10-20 m de comprimento, com leito constituído por 3 partes de terço e 1 a 2 partes de esterco de curral bem curtido. Cada metro quadrado deve receber 360 sementes a de 2 a 3 cm de profundidade. As mudas com cerca de 2 cm de altura devem ser repicadas para vasos (jacás, laminados, sacos plásticos 18 x 30 cm) com o mesmo substrato usado nas leiras. A muda estará pronta para o plantio quando atingir cerca de 20 cm de altura, seis a doze meses após a repicagem (Jenipapo, 2003b). Mudanças formadas em sementeira estarão em condições de serem plantadas quando atingirem 20 a 35 cm de altura (Santos, 1978).

Nascimento & Damião-Filho (1998) verificaram que a germinação ocorre de maneira heterogênea, num tempo médio de 17 dias após o início da germinação, no início poucas plântulas, depois uma maior concentração e no final novamente poucas. Jenipapo (2003a) recomenda a imersão em água fria por 48 horas para acelerar e uniformizar a germinação, que pode demorar de 15 a 30 dias.

Souto et al. (1998) verificaram que sementes procedentes de frutos maduros colhidos no chão, extraídas por fricção em peneira, apresentaram os maiores valores de germinação (cerca de 78,3%), enquanto frutos amadurecidos na planta e extração por abrasão em areia resultaram em sementes com maior índice de velocidade de germinação. Silva et al. (1994), após a avaliação da germinação de sementes de jenipapo submetidas a tratamentos pré-germinativos, recomendaram a imersão das sementes em água a 65°C por 5 a 10 minutos por ser um método econômico e proporcionar maior valor para o índice de velocidade de germinação.

Em trabalho realizado por Andrade et al. (2000) obteve-se maiores percentagens de germinação de sementes de jenipapo em temperaturas de 25°C, 30°C e 35°C, utilizando-se vermiculita e solo como substrato. Rocha et al. (1994) mostraram haver variabilidade entre 37 progênies de jenipapo quanto à percentagem de germinação e índice de velocidade de emergência, indicando possibilidade de seleção nas plantas matrizes para esses caracteres. Borges et al. (1994) indicaram acondicionamento das sementes de jenipapo em geladeira, proporcionando uma média de 58% de emergência de plântulas aos 60 dias de armazenamento.

A propagação vegetativa tem sido pouco mencionada na literatura. Gomes (1989) cita que a enxertia por borbulhia foi usada nas Filipinas com bom resultado. Para isso deve-se utilizar borbulhas de ramo maduro, glabro, verde-azulado realizando-se cortes de quatro centímetros de comprimento, não sendo importante a idade do cavalo no ponto de inserção.

Prado Neto (2006) avaliou a influência de diferentes substratos no desenvolvimento inicial da planta e a eficiência de métodos de enxertia por garfagem em jenipapeiro. A influência dos substratos no desenvolvimento das plantas só foi observada aos 13 meses quando o substrato composto por solo, areia e esterco de galinha proporcionou as melhores médias de altura da planta (36,07 cm) e diâmetro do caule (7,71mm). O percentual médio de pegamento do enxerto, 32 dias após a enxertia, foi de 100 e 95,4% respectivamente para garfagem no topo em fenda cheia e garfagem em fenda lateral, não havendo influência dos substratos na eficiência dos métodos de enxertia utilizados. No entanto, a garfagem no topo em fenda cheia apresentou-se mais eficiente, na medida em que possibilitou pegamento médio de 87% aos 8 dias após a enxertia, contra 0,0% para garfagem em fenda lateral, além de ser de fácil manuseio.

Recentes trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Cultura de Tecidos de Planta da Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB vêm demonstrando a capacidade organogenética da cultura a partir de segmentos internodais (Figura 1), onde os melhores resultados foram conseguidos em meio MS com adição de 1,0 mg L⁻¹ de benzilaminopurina (BAP) e/ou sem a utilização de reguladores vegetais. Este é um aspecto interessante, quando

se visa propagação clonal, já que neste caso, não só haveria redução de custos pela falta da necessidade de usar reguladores vegetais, bem como uma provável diminuição nos riscos de variação somaclonal. Os resultados observados, embora indiquem um potencial promissor para a propagação vegetativa *in vitro* de plântulas de jenipapeiro a baixo custo, servem também como ponto de partida para outros estudos visando inclusive, embriogênese somática, para que possam ser futuramente utilizados em técnicas biotecnológicas como a hibridação somática e/ou transformação genética.

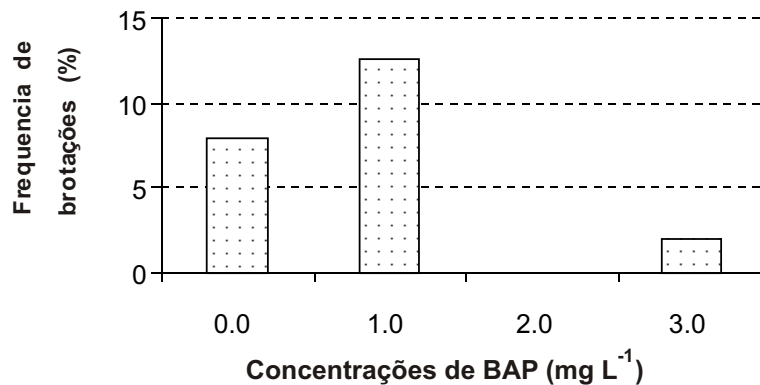


Figura 1. Efeito das concentrações da bezilaminopurina (BAP) na frequência de explantes com brotações de jenipapeiro.

Cultura da mangabeira (*Hancornia pubescens*)

A mangabeira é uma espécie cujas sementes em condições ambientais apresentam baixa longevidade. Tavares (1960), citado por Ferreira (1973), constatou que o poder germinativo das sementes cai rapidamente entre o quarto e o oitavo dia após sua retirada dos frutos. Pimentel & Santos (1978) verificaram um decréscimo de 52% na germinação das sementes ao terceiro dia extração dos frutos quando deixados em condições ambientais. Este acentuado decréscimo deve-se provavelmente à rápida desidratação das sementes. Gonzaga Neto et al. (1987) observaram que sementes de mangaba embaladas em saco de polietileno armazenados à temperatura de 15°C e umidade de 45% mantiveram até os 25 dias, uma porcentagem de 25% de germinação.

Para obtenção das sementes, Vieira Neto (2001) recomenda colher os frutos diretamente da árvore, quando estes iniciarem a queda espontânea ou recolhê-los no chão. E por serem recalcitrantes as sementes perdem rapidamente o poder germinativo logo que retirados dos frutos, sendo necessária rápida semeadura logo que colhidas.

A emergência das plântulas ocorre em média de quinze a trinta dias após semeadura, havendo variação na porcentagem de acordo com o período de secagem e condições de armazenamento.

Novaes et al. (2002), estudando a germinação de sementes de mangaba, não observaram influência significativa do dessecamento, até umidade de 18,8 %, e do armazenamento por 72 horas sob condição de refrigeração na germinação e índice de velocidade de emergência. O início da emergência de plântulas ocorreu em média aos 23 dias após a semeadura. A porcentagem média de germinação foi de 33,7 %, e embora sem diferença significativa, houve tendência de redução de germinação com o dessecamento e com o armazenamento, sugerindo comportamento recalcitrante.

Em relação à forma mais apropriada de produzir as mudas desta espécie, estudos referentes aos substratos mais eficazes na germinação das sementes recalcitrantes da mangabeira foram realizados, obtendo os melhores resultados na utilização de areia lavada adicionada de terra vegetal (proporção 1:1). Também foi possível verificar que as sementes embebidas em água apresentaram uma maior porcentagem de germinação em relação às não embebidas (Capinan, 2003). Ainda na busca por substratos mais responsivos, constatou-se bom desempenho das plantas em bagaço de cana e areia lavada na proporção de 1:1, proporcionando a continuação das etapas de melhoramento da espécie, visto ser a produção de mudas, um grande entrave na cultura da mangabeira.

No sentido de desenvolver protocolo eficiente para estimular as repostas *in vitro* desta cultura a partir de segmentos de epicótilo, várias combinações de reguladores vegetais vêm sendo testadas em meio MS (Murashige & Skoog 1962). As taxas médias de multiplicação variaram entre 0,1 e 1,2 brotos por explantes, destacando-se o meio MS suplementado com 1,0 mg L⁻¹ (BAP) + 0,25 mg L⁻¹ (AIA) (Tabela 1). O aspecto morfológico das brotações

desenvolvidas neste meio de cultura foi satisfatório, onde as mesmas apresentaram comprimento em torno de 5,0 cm e 4 a 5 pares de folhas opostas, conforme se observa na Figura 2.

Tabela 1. Número de explantes intumescidos e taxa média de multiplicação (brotos por explantes) de mangabeira, em função do meio de cultura MS (Murashige e Skoog, 1962) suplementado com BAP (0,0, 1,0 ou 2,0 mg L⁻¹) e AIA (0,0, 0,25 ou 0,50 mg L⁻¹). Cruz das Almas, 2003.

Combinações de reguladores vegetais acrescidas no meio de cultura MS (Murashige & Skoog, 1962).	Explantes intumescidos	Taxa de multiplicação
0,0 mg L ⁻¹ (BAP)+ 0,00 mg L ⁻¹ (AIA)	0,33 C	0,28 C
1,0 mg L ⁻¹ (BAP)+ 0,25 mg L ⁻¹ (AIA)	0,56 B	1,23 A
1,0 mg L ⁻¹ (BAP)+ 0,50 mg L ⁻¹ (AIA)	0,88 A	0,63 B
2,0 mg L ⁻¹ (BAP)+ 0,25 mg L ⁻¹ (AIA)	0,23 C	0,13 C
2,0 mg L ⁻¹ (BAP)+ 0,50 mg L ⁻¹ (AIA)	0,03 D	0,28 C
CV (%)	29,46	25,24

Valores seguidos da mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



Figura 2. Regeneração *in vitro* de plantas de mangabeira, a partir de segmentos de epicótilo em de cultura MS (Murashige & Skoog, 1962) suplementado com 1,0 mg L⁻¹ (BAP) + 0,25 mg L⁻¹ (AIA).

As taxas de multiplicação obtidas neste trabalho podem ser consideradas baixas, quando comparadas com aquelas fruteiras que já possuem protocolos de regeneração de plantas *in vitro* definidos, tais como abacaxi, banana, citros, dentre outras. Este fato possivelmente deve-se aos poucos trabalhos, desta natureza, realizados com a fruteira em estudo. Geralmente os trabalhos *in vitro* estão voltados para testes de germinação, como o relatado por Pinheiro et al. (2001).

Apesar dos resultados promissores quanto ao número de brotações, a capacidade de enraizamento tanto *in vitro* como *ex vitro* da mangabeira, é baixa; razão pela qual a conversão em planta também é reduzida.

Neste sentido, buscando discriminar a existência de zonas com maior potencial organogênico que favoreça o enraizamento, segmentos de epicótilo foram numerados de acordo com a proximidade em relação ao ápice, sendo considerado internódio 1 aquele mais próximo ao sistema radicular, 2, 3 e 4 aqueles mais próximos ao ápice caulinar. Verificou-se que a combinação de 1,0 mg L⁻¹ de BAP e 0,25 mg L⁻¹ de AIA realmente é aquela que proporciona melhor resposta dos explantes de mangabeira na indução de brotações, independente da posição do segmento internodal, no entanto, não apresentaram raízes.

Cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale*)

A propagação de cajueiro por sementes (pé-franco), tem como resultado plantas com características diferentes no que diz respeito ao fenótipo e genótipo, o que inviabiliza a exploração comercial racional de pomares assim estabelecidos, devido a desuniformidade das fases de desenvolvimento. A produtividade e a qualidade dos frutos produzidos em pomares de “pé-franco” são bastante variáveis, não satisfazendo portando os interesses dos consumidores de caju. Estes pomares improdutivo estabelecidos com altos custos, apresentam em geral baixa qualidade fitossanitária e agrônômica, refletindo em sua história as dificuldades de acesso dos produtores a mudas enxertadas com materiais apropriados e economicamente viáveis (Cavalcante Júnior & Chaves, 2001). Corrêa et al. (1995) destacaram que os processos de propagação mais utilizados no cajueiro são a alporquia e a enxertia.

Os principais fatores determinantes na formação de uma muda são o substrato e o recipiente, devendo estes proporcionarem um bom desenvolvimento à muda enquanto esta permanecer no viveiro, o que favorecerá o desempenho futuro da planta. O substrato atua como se fosse o solo fornecendo à planta sustentação, água, nutrientes e oxigênio, podendo ser de diversas origens, a exemplo de animal (esterco, húmus etc.), vegetal (tortas, bagaços, xaxim, serragem etc.), mineral (vermiculita, perlita, areia etc.) e artificial (espuma fenólica, isopor etc.). Entre as características desejáveis de um substrato, pode-se citar o custo, disponibilidade, teor de nutrientes, capacidade de troca catiônica, esterilidade biológica, aeração, retenção de umidade e uniformidade.

Hartmann & Kester (1994) relacionam vários tipos de recipientes que podem ser usados na propagação e cultivo de plantas jovens, a exemplo de caixas de madeiras, plástico e metal; vasos de barro, plástico e fibra; blocos de fibra, recipientes metálico e sacos de polietileno. O uso destes recipientes depende do tipo e do local onde a muda será produzida, da estrutura do viveiro e de uma criteriosa análise de custo.

Visando a produção de mudas de cajueiro anão precoce, experimento realizado por Silva (2002), sob condição de viveiro telado, mostrou que substratos existentes no mercado possibilitam a produção de porta-enxertos mais vigorosos, com maior sobrevivência dos enxertos, além de proporcionar boa agregação das raízes aos substratos e facilidade de retirada das mudas dos tubetes de polipropileno rígido. O uso de tubetes artesanais biodegradáveis produzidos a partir de fibra de sisal (*Agave sisalana*), fibra da folha de taboa (*Typha dominicensis*) e palha de bananeira (*Musa* sp), para produção de mudas de cajueiro anão precoce em diferentes substratos (composto do lixo urbano, vermicomposto e substrato comercial Citrus 1) mostrou que a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de emergência foram influenciados pelo substrato, observando-se efeito significativo do substrato Citrus 1, independentemente do tubete utilizado. Os melhores resultados para a maioria das características avaliadas foram obtidos com a utilização do tubete de polipropileno rígido em substrato Citrus 1. Entre os tubetes artesanais biodegradáveis, o de folha de taboa destacou-se pelo seu menor custo de confecção e boa resistência ao manuseio e transporte da muda. O tubete de fibra de sisal apresentou problemas de baixa retenção de umidade nos substratos, necessitando aumento do suprimento hídrico e o tubete de palha de banana apresentou maior grau de degradabilidade. Os substratos vermicomposto e composto do lixo urbano proporcionaram menor desenvolvimento das mudas, porém com características suficientes para atender às exigências mínimas da altura e diâmetro do caule para a enxertia no período de 30 dias após emergência. O custo final médio da muda usando tubete artesanal biodegradável foi superior em 13 %, devendo-se considerar os benefícios da sustentabilidade e geração de emprego para indicar a sua utilização.

Cultura da jaqueira (*Arthocarpus integrifolia*)

A jaqueira tem sido propagada tradicionalmente por sementes. Como a polinização é cruzada, as plantas oriundas a partir desse processo apresentam uma grande variação na produtividade, no tamanho, forma e qualidade dos frutos, bem como no período de colheita (Luna, 1997). Nesse tipo de propagação, as sementes devem ser coletadas em frutos provenientes de árvores de boa produção e frutos de alta qualidade. Recomenda-se selecionar as sementes maiores e semeá-las o mais breve possível, pois as mesmas perdem gradativamente a viabilidade. A manutenção das sementes em água durante 24 horas melhora a germinação e por 48 horas em ácido giberélico resulta em 100% de germinação. As sementes podem ser colocadas para germinar diretamente em sacos de polietileno não reciclado de 30 x 18 cm e 12 de espessura. A germinação ocorre dentro de três semanas e quando as mudas apresentarem 30 cm de altura podem ser plantadas definitivamente. No preparo de mudas para porta-enxerto, recomenda-se utilizar sacos de 0,40 x 0,30 m considerando-se a necessidade de permanecerem por maior tempo no viveiro.

O tamanho das sementes é um dos fatores que pode influenciar a germinação e o vigor das plântulas. Os resultados na literatura não são consistentes e muitas vezes conflitantes. Em geral, os estudos mostram que o tamanho da semente não tem influência sobre a germinação, fenômeno que depende de outros fatores, a exemplo da viabilidade da semente, mas afeta o vigor da plântula (Carvalho & Nakagawa, 1980). O tamanho da semente tem efeito

pronunciado sobre o crescimento inicial das plantas, diminuindo a intensidade à medida que a planta se desenvolve (Carvalho & Nakagawa, 1980). No entanto, trabalhos realizados por diversos autores com diferentes espécies mostram influência do tamanho da semente tanto no vigor quanto na germinação, conforme citações de Andrade et al. (1998) e trabalhos realizados por Machado et al. (1994).

Trabalho desenvolvido por Dantas et al. (2000), mostrou que o tamanho das sementes não influenciou na germinação, porém, sementes grandes (7,0 a 8,99 g) e médias (5,0 a 6,99 g) proporcionaram maiores índices de velocidade de emergência. Os maiores valores para altura de plantas, peso fresco e seco da parte aérea foram observados em sementes grandes.

A propagação assexuada da jaqueira pode ser realizada pelos métodos de enxertia e estaquia. No processo de enxertia podem ser utilizados como porta-enxerto a própria jaqueira e também o champedaque (*Artocarpus integer*) com um ano de idade, pelos métodos de borbulhia em placa, garfagem (fenda lateral) e encostia. Sampaio (1986) obteve 57,5% de pegamento com o método de garfagem em fenda cheia e 67,5% com a garfagem em inglês simples. Os garfos para enxertia são obtidos das jaqueiras selecionadas e após remoção das folhas devem ficar com 10 a 15 cm de comprimento. De acordo com Lederman et al. (1992), a propagação da jaqueira pelo método da alporquia apresentou 90% de pegamento, com enraizamento aos 60 dias, utilizando-se, como substrato, matéria orgânica de origem vegetal (húmus) bem decomposta e a aplicação de pasta de lanolina contendo fitohormônio (ácido indolbutírico). Quanto à estaquia, são relatadas experiências bem sucedidas de enraizamento de estacas tratadas com 5.000 mg kg⁻¹ de ácido indolbutírico e mantidas sob nebulização.

Cultura do jambeiro (*Eugenia malaccensis*)

O jambeiro vermelho, originário da Índia e de algumas ilhas da Malásia pode ser propagado por sementes ou vegetativamente. Apresenta porte elevado, podendo atingir até 20 m de altura, copa de forma cônica e ramificações abundantes. Os frutos são ovóides, vermelhos, com polpa branca, utilizados para consumo *in natura* ou obtenção de doces em compotas ou licores. Por ser uma planta exótica e pouco explorada comercialmente, faz-se necessário o estudo de métodos de propagação para o seu cultivo, pois o extrativismo dos frutos ocupa um lugar de destaque na composição da renda familiar de pequenos agricultores.

O trabalho desenvolvido com sementes de diferentes massas: pequenas (2,1 a 8,0 g), médias (8,1 a 14,0 g) e grandes (14,1 a 20,0 g) mostrou que influência da massa da semente no número de dias para início da germinação, com sementes grandes germinando aos 16º dia após a sementeira, significativamente superior ao observado para sementes pequenas, que iniciaram a germinação aos 23º dias. A percentagem de germinação variou de 81,2 a 95,0%, não havendo diferença significativa entre as classes de sementes. A massa da semente influenciou o índice de velocidade de emergência, sendo que sementes grandes apresentaram valores superiores em relação às sementes pequenas e médias.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. L.; ALMEIDA, F. C. G.; NUNES, R. P.; ALMEIDA, F. A. G.; Indução de brotações em explantes de segmentos de folhas de plântulas de urucueiro em diferentes citocininas. **Ciência Rural**, v.26, p.45-49, 1996.
- ANDRADE, A. C. S. et al. M. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 35, n. 3, p. mar. 2000.
- BARCELÓ-MUÑOZ, A.; ENSINA, C. L.; SIMÓN-PÉREZ, E.; PLIEGO-ALFARO, F. Micropropagation of adult avocado. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v.58, p.11 17, 1999.
- BORGES, J. D. et al. Efeito do armazenamento de sementes de jenipapo (*Genipa americana* L.) sobre a emergência de plântulas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13. 1994, Salvador. **Resumos...** Salvador: SBF, 1994. v. 3, p. 1079-1080.
- BRASILEIRO, A. C. M.; DUSI, D. M. de A. Transformação genética de plantas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa, SPI; Embrapa, CNPH,

1999. v.2, p.679-735.

BORÉM, A. **Escape gênico e transgênico**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 206p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. COLOMBO: EMBRAPA/CNPMPF; BRASÍLIA EMBRAPA/SPI, 1994.

CARVALHO, N. M. de, NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Campinas. Fundação Cargill, 1980. 326 p.

CAVALCANTI JÚNIOR, A.T.; CHAVES, J.C.M. **Produção de mudas de cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 43p. (Documentos, 42).

CENTELLAS, A. Q.; FORTES, G. R. L.; MULLER, N. T. G.; ZANOL, G. C.; FLORES, R.; GOTTINARI, R. A. Efeito de auxinas sintéticas no enraizamento *in vitro* da macieira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 181-186, 1999.

CERVERA, M.; JUÁREZ, J.; NAVARRO, A.; PINA, J.A.; DURAN-VILA, N.; NAVARRO, L.; PEÑA, L. Genetic transformation and regeneration of mature tissue of woody fruit plants bypassing the juvenile stage. **Transgenic Research**, v. 7, p. 51-59, 1998.

CORRÊA, M. P. F. et al. Propagação vegetativa do cajueiro - macropropagação. In: _____. **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA-SPI, 1995, cap. 5, p. 95-127.

DANTAS, A. C. V. L.; SANTOS, K. V. dos; LORDÊLO, L. S.; SANTOS, R. O. S. Germinação e vigor de plantas de jaqueira em função do tamanho da semente. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2000, Fortaleza/CE. Fruticultura: agronegócio do terceiro milênio. **Resumos...** 2000. v. 1.

FERREIRA, M. B. Frutas comestíveis do DF (III): Piqui, mangaba, marolo e mamãozinho. **Cerrado**: v. 20, p. 22-25, 1973.

GIACOMETTI, D. C. Impacto atual da cultura de tecidos de plantas In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília: Ministério da Agricultura. p. 19-25, 1990.

GOMES, R.P. **Fruticultura brasileira**. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1989. p. 278-281.

GONZAGA, NETO, L.; LEDERMAN, L. E.; BECERRA, J. E. F. ; CANUTO, T. B. Estudo de conservação do poder germinativo de sementes de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9, Campinas, SP, 1987. **Resumos...** Campinas, Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1987. p. 55.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E. **Plant propagation: principles and practices**. 5. ed. New Jersey: Regents/Prentice - Hall, 1994. 647p.

JENIPAPO. Disponível em <www.floratiete.com.br/biblioteca.html/#jenipapo>. Acesso em 01 ago. 2003a.

JENIPAPO. Disponível em <www.seagri.gov.br>. Acesso em 01 ago. 2003b.

LEDERMAN, L. E., BEZERRA, J. E., PEDROSA, A. C. Características pomológicas de jaqueiras (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) oriundas das áreas de ocorrência espontânea em Pernambuco. X CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, **Anais...**, Fortaleza, 1989, p. 216-220, 1989.

LEDERMAN, I. E. et al. Propagação vegetativa de fruteiras tropicais nativas e_ exóticas, em Pernambuco: Técnicas desenvolvidas e adaptadas pela empresa IPA. IN: Simpósio Nacional de Recursos Genéticos de Fruteiras Nativas. 1992, Cruz das Almas, Ba, **Anais...** Cruz das Almas, Ba: EMBRAPA CNPMF, 1992. p.105-107.

LUNA, J. V. U. Produção de mudas de fruteiras tropicais. EBDA, Salvador, 1997, 54p. (**Circular Técnica**, 5).

MACHADO et al. Influência do tamanho e da posição da posição de sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) no fruto, sobre a produção de mudas. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA: NEGÓCIO AGRÍCOLA PARA O SÉCULO XXI. 1994, Salvador, BA. **Resumos...** Salvador: SBF, 1994, p.537.

MOURA, T. L. de; ALMEIDA, W. A. B. de; MENDES, B. M. J.; MOURÃO FILHO, F. A. A. Organogênese *in vitro* de *Citrus* em função de concentrações de BAP e seccionamento do explante. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 240-245, 2001.

NASCIMENTO, W. M. O. do, DAMIÃO-FILHO, C. F. Caracterização morfológica de sementes e plântulas de jenipapeiro (*Genipa americana* L.-RUBIACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 1, p 143-147, 1998.

NACHTIGAL, J. C.; FIGUEIREDO, S. L. B.; ZECCA, A. G. D.; FORTES, G. R. L. Influência da benzilaminopurina (BAP) na multiplicação *in vitro* de kiwi (*Actinidia deliciosa*). **Ciência Rural**, v.25, p.23-26, 1995.

NOVAES, S. W.; SAMPAIO, A. P. R.; DANTAS, A. C. V. L. Germinação de mangabeira em função da umidade e armazenamento da semente. XXI Seminário Estudantil de Pesquisa - UFBA. Salvador - BA, 11-14 Dez, 2002. CD Rom.

PEIXOTO, P. H. P.; PASQUAL, M. Influência da origem dos explantes na multiplicação e enraizamento *in vitro* de porta-enxertos de videira. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 20, p. 301-306, 1996.

PIMENTEL, M. L. de.; SANTOS, E. O. dos. Preservação do poder germinativo de sementes de mangaba *Hancornia speciosa* Gom. Recife. Empresa Pernambucana de **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1978, 6p. (comunicado técnico).

PINHEIRO, C. S. R.; MEDEIROS, D. N.; MACÊDO, C. E. C.; ALLOUFA, A. I. Germinação *in vitro* de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomez) em diferentes meios de cultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 413-416, 2001.

PRADO NETO, M. **Germinação de sementes e enxertia de jenipapeiro**. 46f. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

ROCHA, M. R. de et al. Avaliação de progênies de três espécies frutíferas nativas dos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, 1994, Salvador- BA, **Anais...** Salvador, p. 1191-1192.

RODRIGUEZ, A. P. M.; WETZSTEIN, H. Y. A morphological and histological comparison of the initiation and development of pecan (*Carya illinoinensis*) somatic embryogenic cultures induced with naphthaleneacetic acid or 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. **Protoplasma**, v. 204, p. 71-83, 1998.

SAMPAIO, V. R. Propagação por enxertia da goiabeira (*Psidium guajava* L.), do tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) e da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lamb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v. 8, n. 1, p. 45-48, 1986.

SANTOS, J. B. dos. Jenipapo. In: MAGALHÃES, A.; BOLDINI, M. da G. **Grande manual globo de agricultura, pecuária e receituário industrial**. Porto Alegre: Globo, 1978. v. 3, p. 234-236.

SILVA, J. A. G. **Produção de mudas de cajueiro anão precoce em tubetes artesanais biodegradáveis com diferentes substratos**. 66 f. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

SILVA, L. M. M.; MATOS, V. P.; LIMA, A. A. Tratamentos pré-germinativos para superar a dormência de sementes de jenipapo (*Genipa americana*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, 1994, Salvador, SBF. **Resumos...** Salvador, 1994. p. 1081-1082.

SOUTO, A. M. et al. Qualidade fisiológica de sementes de jenipapo (*Genipa americana* L.) submetidas a diferentes métodos de extração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15, 1998, Poços de Calda. **Resumos...** Lavras: UFLA, 1998. p. 430.

VIEIRA NETO, R. D. **Recomendações técnicas para o cultivo da mangabeira**. Aracajú: EMBRAPA EMDAGRO, 2001, 21p. (circular técnica).

XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 20, p. 9-16, 1996.

CAPÍTULO 4

DINÂMICA DO CRESCIMENTO VEGETAL: PRINCÍPIOS BÁSICOS

Clóvis Pereira Peixoto &
Maria de Fátima da Silva Pinto Peixoto

Tópicos em Ciências Agrárias

DINÂMICA DO CRESCIMENTO VEGETAL: PRINCÍPIOS BÁSICOS

Clóvis Pereira Peixoto¹; Maria de Fátima da Silva Pinto Peixoto¹

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: cppeixot@ufrb.edu.br

INTRODUÇÃO

A dinâmica do crescimento vegetal pode ser acompanhada por meio de fórmulas matemáticas, sendo o primeiro passo utilizado para quantificar a produção vegetal, possibilitando avaliar a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento final das plantas. Sua principal vantagem está na obtenção de informações a intervalos regulares, sem a necessidade de laboratórios e/ou equipamentos sofisticados, uma vez que as informações necessárias para levar avante tais análises, são a massa da matéria seca (fitomassa) da planta e a dimensão do aparelho fotossintetizante (área foliar). Nos estudos ecofisiológicos das plantas não se pode prescindir da análise de crescimento, pois, os fatores ambientais como luz, temperatura, concentração de CO₂ e a disponibilidade de água e nutrientes, próprios de cada local, afetam sensivelmente a taxa assimilatória líquida, a taxa de crescimento relativo, a razão de área foliar etc., destas plantas.

Através do estudo das interações destes parâmetros com cada fator ambiental, em particular, e/ou estágio de desenvolvimento da planta, podem ser conhecidas a eficiência do crescimento e a habilidade de adaptação às condições ambientais em que estas plantas crescem. Portanto, independente das dificuldades inerentes ao conhecimento da complexidade que envolve o crescimento das plantas, a análise quantitativa do crescimento é uma ferramenta e o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o desenvolvimento vegetal e a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o seu desempenho, nas diferentes condições agroecológicas a que são submetidos.

A tecnologia de exploração de plantas envolve a aplicação de diversas ciências. Na Agronomia, a horticultura e a silvicultura, entre outras, são disciplinas que utilizam conhecimentos provindos da Botânica, da Edafologia, da Mecânica, da Zoologia (pragas), da Climatologia e de outros setores do conhecimento, visando a produção agrícola que decorre do crescimento e desenvolvimento das plantas. Um controle da produtividade das plantas só é possível, pois, conhecendo-se os fatores que atuam sobre o crescimento e desenvolvimento nos vegetais.

Este trabalho visa atender aos iniciantes no estudo da Fisiologia Vegetal e, em particular, aos alunos dos cursos de Agronomia e áreas afins, sendo esta, uma revisão simplificada sobre a dinâmica do crescimento e desenvolvimento das plantas, permitindo que o leitor tenha uma noção básica geral e, caso queira aprofundar o conhecimento, poderá utilizar-se das bibliografias sugeridas e/ou buscar aquelas mais específicas.

CONCEITOS BÁSICOS

A análise quantitativa de crescimento tem sido usada por pesquisadores de plantas, na tentativa de explicar diferenças no crescimento, de ordem genética ou resultante de modificações no ambiente. Sua aplicação torna-se apropriada quando são usados conceitos básicos de análise de crescimento e os critérios essenciais para a obtenção dos dados.

Crescimento - Aumento irreversível de algum atributo físico, especialmente do material protoplasmático (Reis & Muller, 1979). Pode-se medir a massa, tamanho ou volume, a depender: a) do objetivo do experimentador, b) da disponibilidade do material a ser estudado e c) da disponibilidade do equipamento para efetuar a medida. Muitos autores restringem o termo crescimento aos processos de divisão e alongamento celular. Crescimento, entretanto, nem sempre significa um aumento de tamanho (Felippe, 1985). Assim, alguns organismos utilizam materiais de reservas para produzir novas células, havendo multiplicação celular sem, contudo, aumento em extensão, o qual se dá por vacuolização. Tanto é que, em “déficit hídrico”, o crescimento em extensão é o mais sensível, pois depende da pressão de turgor.

Desenvolvimento - Diferentes etapas por que passa o organismo ou o vegetal (germinação, juvenilidade, maturação,

reprodução, senescência e morte). O desenvolvimento é caracterizado pelo crescimento e por mudanças na forma da planta, as quais ocorrem por meios de padrões sensíveis de diferenciação e morfogênese.

Diferenciação - Aumento em complexidade. Diz respeito a todas as diferenças qualitativas entre células: especialização de células e tecidos para funções particulares durante o desenvolvimento. Os tecidos diferenciam-se em sistemas vasculares (floema e xilema), de reservas, preenchimentos e síntese (parênquimas), entre outros.

Através da fenologia (estudo dos fenômenos periódicos da vida em relação às condições ambientais), pode-se observar que o crescimento e o desenvolvimento de um organismo resultam da ação conjunta de três níveis de controle (Lucchesi, 1987):

a) Controle Intracelular - Controle genético - envolve as características da planta que ela carrega em sua bagagem genética. A atividade celular depende da ação gênica para a síntese protéica e enzimática. Estes conhecimentos são muito utilizados em programas de Biotecnologia.

b) Controle Intercelular - envolve as substâncias reguladoras; os hormônios, compostos orgânicos não nutrientes, de ocorrência natural, produzidos na planta que, em baixas concentrações promovem, retardam ou inibem processos fisiológicos e morfológicos. Os reguladores vegetais possuem as mesmas propriedades, sendo, porém exógenos. Suas atuações acontecem ao nível de gene, portanto, são capazes de promover as mais variadas modificações nos vegetais (Castro & Vieira, 2001). As principais classes de hormônios vegetais são as Auxinas, Giberelinas e Citocininas (promotores), o Etileno (ligado a senescência) e o Ácido abscísico (Inibidor). Alguns reguladores sintéticos como a Hidrazina maleica, têm ação inibidora. Enquanto outros, como o Daminozide (SADH) e Chlormequat (CCC), agem como retardadores do crescimento com ação no meristema subapical sobre a síntese de auxina e giberelina, respectivamente.

c) Controle Extracelular - É o controle ambiental. Seriam as condições do ambiente onde está inserido o vegetal, pois seu desenvolvimento depende de vários componentes ambientais como: luz, temperatura, água, sais minerais etc. Estão envolvidos fatores do meio físico (climáticos e edáficos) e fatores do meio biológico (pragas, doenças, plantas daninhas, animais e o homem).

O ambiente, constituído do Biótopo (lugar onde há vida) e da Biocenose (conjunto dos seres vivos), afeta a morfologia, o crescimento e a reprodução vegetal, através dos fatores climáticos (altitude, latitude, vento, temperatura, luz e água) e edáficos (topografia, propriedades físicas: textura, estrutura, profundidade e permeabilidade e propriedades químicas: fertilidade, pH e matéria orgânica).

Como pode-se observar, o desenvolvimento da planta como um todo, é um processo complexo que envolve fatores externos e internos, compreendendo o crescimento e a diferenciação. O crescimento reflete um aumento em tamanho e peso (massa), sendo, por isto, um processo quantitativo. A diferenciação é um processo qualitativo que pode ser observado, mas não medido, constituído por modificações internas e externas na forma e posição relativa de várias partes da planta durante seu ciclo de vida.

As técnicas de análise de crescimento foram desenvolvidas no início do século XX, por investigadores britânicos (Blackman, 1919; Briggs et al., 1920; West et al., 1920), que além de apresentarem as fórmulas de análise de crescimento, suas derivações e condições necessárias para seu uso correto, discutem alternativas e métodos que envolvem uma descrição matemática do peso da matéria seca e da área foliar em função do tempo, seguida de cálculos de diferentes parâmetros de crescimento.

O fundamento dessa análise é a medida seqüencial da acumulação de matéria orgânica na planta, sendo que a sua determinação é feita, normalmente, considerando a massa da matéria seca ou a sua fitomassa (Magalhães, 1985). Entretanto, devido ao fato deste procedimento ser destrutivo, as plantas tomadas como amostra a cada tempo, devem representar a população em estudo.

A medida da massa da matéria seca das diferentes partes da planta é simples e exige poucos equipamentos (régua graduada em milímetros, tesouras, paquímetro, estufas de aeração forçada, sacos plásticos, sacos de papel etc.). Isto é, não exige laboratório nem material sofisticado, o que é considerado uma vantagem da análise do crescimento Castro et al. (1984). Estas informações são obtidas a intervalos de tempo regulares, normalmente uma semana ou cada 14 dias para plantas de ciclo curto (Castro et al., 1984; Magalhães, 1985; Peixoto, 1995; Peixoto, 1998; Brandelero, 2001; Brandelero et al., 2002; Peixoto 2002; Benincasa, 2004 e Lima, 2006).

A fim de que o crescimento total da planta possa ser estimado, as raízes devem ser consideradas como importantes componentes do vegetal. No entanto, em geral, a recuperação das raízes, principalmente no campo, pode se tornar um trabalho adicional, o que faz com que esta parte da planta seja desconsiderada nos cálculos de análise de crescimento. Por outro lado, em determinados vegetais, onde as raízes são responsáveis pela produção econômica, faz-se necessário que a tomada de suas medidas, seja em massa, volume, diâmetro ou tamanho.

A determinação da superfície foliar é muito importante no que diz respeito a inúmeros parâmetros fisiológicos como a taxa de crescimento relativo, a taxa assimilatória líquida e o índice de área foliar, entre outros. A área foliar representa a matéria prima para a fotossíntese e, como tal, é de grande importância para a produção de carboidratos, óleos, proteínas e fibras.

Basicamente, os parâmetros utilizados para medir o crescimento vegetal abordam a área foliar (AF ou L) e matéria seca (MS ou W) acumulada pela planta por representarem esses fatores a “fábrica” e o “produto final”, respectivamente (Peixoto, 1995). Na prática, as principais medidas de W e L são o peso da matéria seca total (MST) e a área foliar total (AF) da planta.

As fases de crescimento de uma planta ou de qualquer outro organismo vivo podem ser resumidas na Figura 1 e representam as modificações no tamanho, na massa ou no volume desse organismo, ou de qualquer órgão dele, em função do tempo. Neste tipo de curva, pode-se distinguir uma fase inicial de crescimento lento, passando posteriormente a uma fase exponencial e, em seguida, a uma de crescimento linear e um novo período de crescimento lento, com a paralisação eventual do processo.

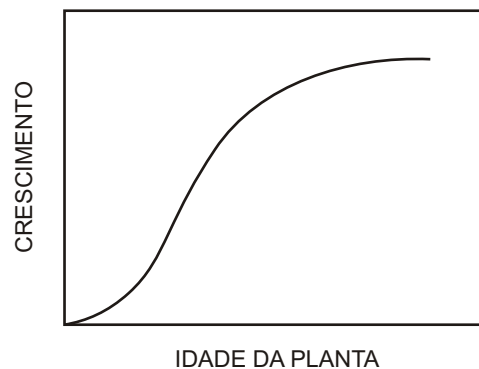


Figura 1. Curva ilustrativa do crescimento sigmoideal de uma planta (Magalhães, 1985).

A interpretação fisiológica dessas diferentes fases do crescimento pode ser compreendida da seguinte forma:

a) No início, a planta depende das reservas da semente para a produção dos diferentes órgãos componentes. O espaço ainda não foi ocupado pelas plantas. Cada nova folha que é formada contribui para maior interceptação da luz. Não há sombreamento mútuo ainda e a contribuição das poucas folhas é semelhante. A taxa de crescimento relativa é constante e a cultura é principalmente vegetativa, caracterizando a fase exponencial.

b) Após o desenvolvimento do sistema radicular e a expansão das folhas, a planta retira água e nutrientes do substrato em que se desenvolve e inicia os processos anabólicos dependentes da fotossíntese. As folhas serão gradualmente auto-sombreadas, aumenta o índice de área foliar (IAF), passando a uma fase de crescimento linear, com o maior incremento na taxa de matéria seca (MS). Quando água e nutrientes não são limitantes, o IAF poderá facilmente exceder o seu ótimo sem, contudo, significar maior aumento em fitomassa.

c) Ao atingir o tamanho definitivo, a planta entra na fase de senescência, diminuindo o IAF, com menor interceptação da energia luminosa, resultando em decréscimo no acúmulo de matéria seca, com a translocação desta para os órgãos de reservas, e conseqüente degeneração do sistema fotossintético.

Segundo Lucchesi (1987), um vegetal anual sob condições ecológicas adequadas, ocupa no período de crescimento, em termos de percentagem, 10% para germinar, 6% para emergir, 51% no grande período de crescimento (fase linear), 15% para a reprodução, 8% na maturação e 10% até a colheita. Portanto, durante o seu desenvolvimento, o vegetal ocupa, nas diferentes fases, diferentes períodos de crescimento, naturalmente afetados pelos fatores externos (fenologia) e os inerentes à própria planta.

A análise do crescimento constitui uma parte da fisiologia vegetal em que se faz uso de fórmulas e modelos matemáticos para avaliar índices de crescimento das plantas, sendo muito deles relacionados com a atividade fotossintética (Benincasa, 2004). Como o crescimento é avaliado por meio de variações de tamanho de algum aspecto da planta, geralmente morfológico, em função da acumulação de material resultante da fotossíntese líquida, esta passa a ser o aspecto fisiológico de maior importância para a análise de crescimento. Exceções ocorrem como, por exemplo, o alongamento de caules por alta atividade auxínica, sob condições de ausência de luz (estiolamento).

A fotossíntese líquida (FL) é definida como a diferença entre a fotossíntese bruta (FB - tudo que é literalmente produzido pela fotossíntese no interior dos cloroplastos) e o que é consumido pela respiração (R). Em algumas plantas, outro processo compete com a fotossíntese bruta: a fotorrespiração (FR). Portanto, $FL = FB - (R + FR)$.

A respiração é um processo de combustão lenta dos carboidratos produzidos na fotossíntese, resultando na liberação de energia armazenada nesses compostos, a qual é utilizada para a manutenção do metabolismo vegetal e de todos os processos fisiológicos. Portanto, é de se esperar que, na medida em que a planta cresça, ocorra um aumento no processo respiratório, e, conseqüentemente, a fotossíntese bruta terá de ser bem maior para atender às necessidades metabólicas do material existente e, ainda, promover adições de novos materiais, isto é, promover o crescimento. Na Figura 2 tem-se o fluxo de matéria e energia a partir da fotossíntese, no qual o esquema se apresenta em três níveis.

No nível A, mediante o processo fotossintético, são produzidos os produtos primários (PP), basicamente carboidratos (1), que formarão inicialmente os açúcares simples (monossacarídeos como glicose e frutose), ou podem ser armazenados (2) em formas mais complexas (dissacarídeos ou polissacarídeos como a sacarose e o amido).

Estes carboidratos poderão ser diretamente “queimados” pela respiração (3) e/ou, utilizados para a síntese de material metabólico e estrutural (4), como proteínas, lipídeos e demais componentes orgânicos produzidos pela planta - nível B.

Em direção ao nível B, o caminho (5) constitui o fluxo de energia obtida pela respiração que será utilizada na síntese de novo material e (6) é fluxo de material armazenado que, eventualmente, poderá ser mobilizado para as novas sínteses. Em caso de estresses, esse material armazenado poderá ser utilizado diretamente pela respiração.

O crescimento da planta como um todo, em termos de aumento de volume, de massa, de dimensões lineares, de unidades estruturais é função do que a planta armazena (armazenamento I e II) e do que a planta produz em termos de material estrutural (nível B).

Os compostos elaborados no nível B são, em parte, utilizados para manutenção do material já existente (7), armazenado secundariamente (8) ou serão utilizados para promover aumento do material estrutural (9), resultando em crescimento - nível C.

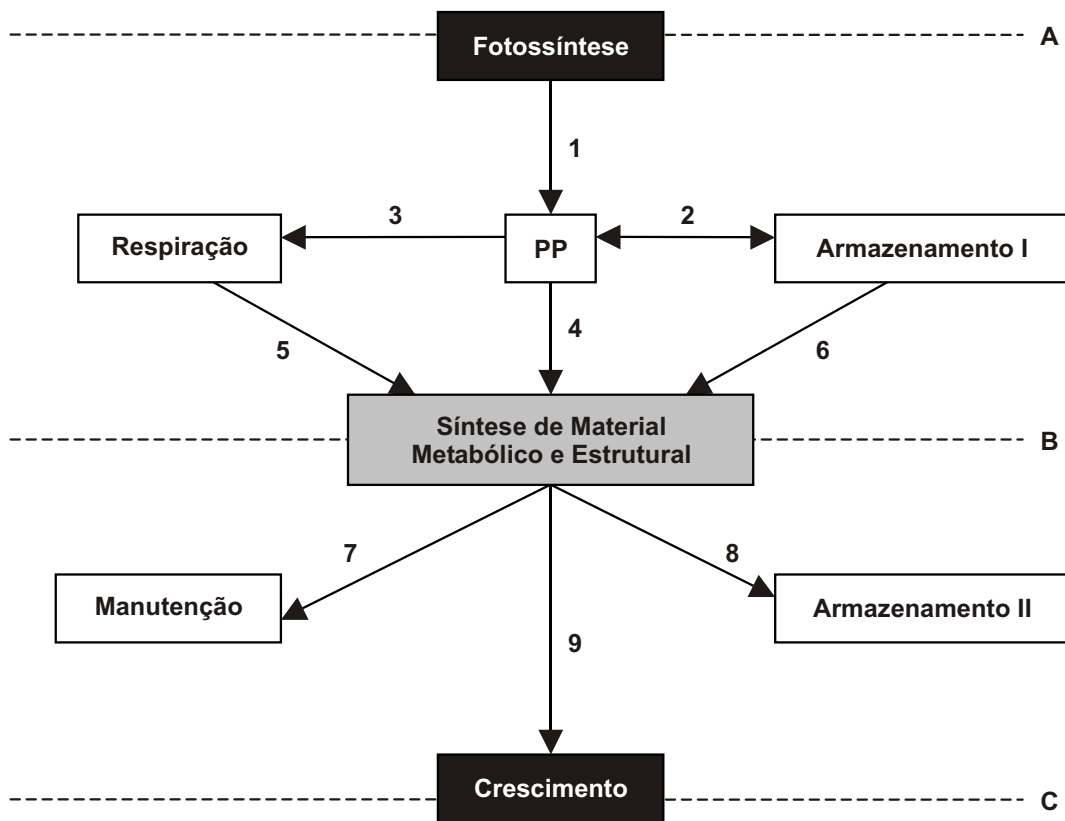


Figura 2. Fluxo de matéria e energia, a partir do processo fotossintético (Benincasa, 2004).

Medidas do crescimento

A análise de crescimento permite avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total. A partir dos dados de crescimento pode-se inferir atividade fisiológica, isto é, estimar-se, de forma bastante precisa, as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas crescendo em ambientes diferentes.

Do ponto de vista agrônomo, a análise de crescimento atende àqueles pesquisadores que estão interessados em conhecer diferenças funcionais e estruturais entre cultivares de uma mesma espécie, de forma a poder selecioná-los para melhor atender aos seus objetivos ou mesmo utilizar a análise de crescimento no estudo do desenvolvimento vegetal sob diferentes condições ambientais, incluindo condições de cultivo, de forma a subsidiar o processo de seleção de acordo com os objetivos do experimentador.

O crescimento de uma planta pode ser estudado através de medidas de diferentes tipos, quais sejam: lineares, superficiais, volumétricas, peso e número de unidades estruturais. Os tipos de medidas a serem realizadas dependem de vários aspectos: (a) objetivos do experimentador; (b) disponibilidade de material a ser estudado; (c) disponibilidade de mão-de-obra; (d) disponibilidade de tempo do experimentador ou da equipe; (e) disponibilidade de equipamentos para executar as medidas.

Dimensões lineares (altura de planta, comprimento e diâmetro de caule, comprimento e largura de folhas etc.) - Estas medidas de dimensões lineares podem ser feitas em plantas intactas ou não. São muito úteis e, em alguns casos, são as únicas possíveis.

Número de unidades estruturais - O crescimento pode ser acompanhado a partir da contagem de unidades estruturais morfológicas ou anatômicas (folhas, flores, raízes e frutos) que podem fornecer informações sobre a fenologia e são, muitas vezes, usadas para detectar diferenças entre os tratamentos estabelecidos.

Número e distribuição de estômatos, número e distribuição de células do parênquima clorofiliano, acompanhadas ou não, de outras medidas destes órgãos, dão importantes informações sobre as diferenças funcionais entre plantas ou interações destas com o ambiente.

Medidas de superfície - Estas medidas estão relacionadas com a determinação ou estimativa da superfície fotossinteticamente ativa da planta que, com raríssimas exceções, são as folhas, os órgãos vegetais responsáveis pela fotossíntese.

A superfície foliar é determinada diretamente ou estimada por meios indiretos, em vez de se medir a folha inteira, definindo-se como área foliar, a medida dessa superfície. Em caso de plantas que não apresentem folhas funcionais, como algumas cactáceas, o aparelho fotossintetizante é a superfície do caule e ramificações.

A área foliar é determinada por diferentes métodos. A maioria com alto grau de precisão. Dentre estes métodos, destaca-se:

Uso do Planímetro - A partir de contornos foliares impressos em papel, estima-se a área foliar. Pode-se fazer o contorno da folha, obtendo-se diretamente a área foliar. Coloca-se uma placa transparente sobre a folha (vidro ou plástico) para facilitar a operação. É mais comum usar-se a “impressão da folha” em um papel e usar o planímetro no contorno destas.

Massa seca de discos foliares - Com um perfurador de área conhecida (de metal), através de punções, toma-se amostras de discos foliares, relacionando a massa seca da área conhecida do disco com a massa seca da folha.

Fotocópias - Comparação da massa de uma área conhecida de papel com a massa dos recortes do perímetro das folhas. Para isso, são feitas cópias heliográficas das folhas e do mesmo papel são retiradas figuras com formas em que a área pode ser conhecida (quadrado, círculo, retângulo etc.). Por interpolação das massas das figuras de áreas conhecidas e a massa da “impressão” recortada da folha, determina-se a área de uma das faces da folha.

Uso de integradores - Medidor de área foliar. Integra a área de qualquer material opaco, através da utilização de células fotoelétricas, componentes de instrumentos eletrônicos. Existem os portáteis e os maiores, “de bancadas”, que ficam nos laboratórios.

Método dos pontos - Desenvolvido por Bleasdale (1977), consiste no uso de uma placa de vidro ou papel transparente (material utilizado em radiografias) com pontos distanciados de 1,0 cm. A placa deve ser colocada sobre a folha, sendo essencial que se use pontos pequenos, cuidando para que a visada seja feita em ângulo reto, a fim de evitar erro de paralaxe. É muito trabalhoso, pois se deve fazer várias repetições.

Modelos matemáticos - A partir da área foliar obtida por integrador ou por outro método, de um número representativo de folhas, calcula-se a razão entre a área foliar (AF) e o produto do comprimento pela largura ($C \times L$) de cada folha medida ($R = AF / C \times L$). Se não houver diferenças estatísticas entre estas razões, determina-se o valor médio das razões que será utilizado como fator de correção (F) para estimativa da área, de acordo com o tipo de planta usada, a partir de medidas lineares como comprimento (C) e largura (L) da lâmina. Estabelecem-se os modelos matemáticos quando estas dimensões estão altamente correlacionadas. Apresentam a vantagem de serem métodos relativamente rápidos, não exigirem destruição do material e serem de ampla utilização em condições de campo. Exige-se para tal, que as folhas sejam simples. Em folhas compostas, usa-se um modelo para cada folíolo de forma geométrica aproximadamente definida e que apresentem altas correlações com suas dimensões lineares ou peso seco (Reis et al., 1979). São exemplos, café, seringueira, mandioca, soja, entre outras plantas.

Cada um destes métodos poderá ser usado em situações específicas, em função do tipo da folha (forma, tamanho, espessura), da disponibilidade do material e do rigor científico do trabalho.

Massa da matéria fresca - É a massa do material em equilíbrio com o ambiente. Geralmente o crescimento da matéria seca é acompanhado pelo aumento do teor de água nos tecidos da planta. Entretanto, existem exceções como é o caso de embebição de sementes, onde se denota aumento de volume, sem, contudo, aumento na massa seca. A desvantagem do uso de massa da matéria fresca (MMF) é conter algumas imprecisões como o tempo entre a colheita e a pesagem, além de destruir o indivíduo. O teor de água é bastante variável a partir da colheita da planta, principalmente dependente da umidade relativa do ar, desde o local da amostragem até o local de pesagem, por exemplo: perda de água por transpiração (Reis e Muller, 1978).

Massa da matéria seca - É a massa constante de determinada amostra, numa dada temperatura (tecidos vegetais: mais ou menos 65 a 70 graus Celsius). Há também destruição do indivíduo. É muito usado quando se está interessado em produtividade, pois é uma medida bem mais precisa que o peso da matéria fresca.

A relação entre massa da matéria fresca e massa da matéria seca pode informar sobre o Teor de Água (TA) ou Teor Relativo de Água (TRA) nos tecidos, considerado mais preciso (envolve o “peso túrgido”), o que seria um indicativo do “status” de água na planta. Para tanto, usa-se também o potencial de água (ψ_a) como medida, relacionando-se o potencial osmótico (ψ_o), o matricial (ψ_m) e o potencial pressão (ψ_p): $\psi_a = \psi_o + \psi_m + \psi_p$.

Volume - É uma medida tridimensional. Muitas das vezes é obtido por deslocamento de água em determinado recipiente graduado (proveta graduada). Exemplo: Volume de frutos (imersão dos frutos em água para conhecimento de seu volume).

Crítérios de amostragem

O tamanho da comunidade ou da área experimental (homogênea ou não) em estudo, o tipo de plantas a serem analisadas, a duração do ciclo, o hábito de crescimento, além de outros aspectos, vão determinar os critérios para a tomada de dados. Indiscutivelmente, os objetivos do trabalho são de maior relevância na definição desses critérios. Na observância dos parâmetros que se quer medir (órgão da planta, a planta inteira etc.), além do ciclo da planta e do seu hábito de crescimento, leva-se em consideração os seguintes itens: o tamanho da amostragem e o intervalo de amostragem.

Tamanho da amostragem - Refere-se ao número de plantas colhidas ou à vegetação que cobre uma determinada área de solo. Vai depender, principalmente de três aspectos: a) do número de plantas disponíveis; b) da área total a ser amostrada; c) do número de amostragens a ser realizado durante todo o período de observação.

Se o número de plantas for restrito ou pequeno, a amostra tenderá a ser pequena. O mesmo poderá ser entendido para a área amostrada. Por outro lado, com um número restrito para amostras, procura-se se limitar às plantas disponíveis e as medidas não deverão ser destrutivas. Deve-se avaliar dados de comprimento, largura, altura

de plantas, número de folhas, número de flores, bem como da área foliar (através das dimensões comprimento (C) x largura (L), diâmetro de caule, de fruto, etc.). Enfim, quaisquer medidas que permitam uma avaliação do crescimento serão válidas.

Se o número for pequeno, no caso de plantas envasadas ou em casa de vegetação ou ripado, poderão ser medidas todas as plantas. Será determinado um número que permita se fazer todas as medidas previstas num mesmo período de observação (meio dia ou o dia todo), em todas as plantas.

Muitas vezes não há disponibilidade de plantas ou a área cultivada é pequena, mas se tem necessidade de matéria seca. Neste caso, a colheita de plantas será feita com base em uma amostragem prévia de plantas marcadas e intactas. Podem ser medidos um ou dois aspectos listados para plantas intactas, em um número representativo e, com base na média dessas medidas, será colhido um número de plantas. Este tipo de amostragem só é possível quando se colhem plantas individuais. Quando se tem uma área cultivada ou coberta por vegetação, os dois critérios descritos são de difícil aplicação, a não ser que se tenha mão-de-obra disponível para executar as medidas. Caso contrário, a amostragem será com destruição de uma área mínima e representativa da área total e deverão ser respeitados alguns princípios usados para amostragens com destruição de plantas.

Quando se tem uma área suficientemente grande que se possa colher um número maior de plantas ao acaso, o número de plantas colhidas deverá ficar entre o mínimo de 10 e o máximo de 20, uma vez que valores abaixo de 10 podem induzir a erros e acima de 20, não aumentam significativamente a precisão da amostragem (Benincasa, 2004). Deve-se tomar cuidado com a seqüência de amostragens para que as plantas a serem retiradas em amostragens seguintes não estejam próximas das plantas que foram retiradas na amostragem anterior, para não haver mascaramento, uma vez que as remanescentes crescerão em ambiente diferente daquele previamente estabelecido.

Se a amostragem for por área e não por planta, é possível colher-se áreas maiores em menor número, embora seja melhor aumentar o número de áreas colhidas, cuja soma deverá corresponder a uma fração significativa da área total.

Intervalo de amostragem - Este aspecto dependerá da disponibilidade de plantas e do tempo do pesquisador, respeitando o ciclo das plantas em estudo. No caso de plantas de ciclo curto, a exemplo do rabanete, o intervalo não deverá ultrapassar 5 dias. Normalmente, intervalos de uma semana ou múltiplo da semana são estabelecidos, escolhendo-se o dia mais desejável. Para plantas de até 130 dias, o intervalo de uma semana é o mais recomendável (Benincasa, 2004). Entretanto, Castro et al. (1984) e Magalhães (1985), aconselham para plantas de ciclo curto o intervalo de 14 dias durante o período de crescimento.

Determinação em raízes - As medidas de raízes ou do sistema radicular são bastante difíceis de serem feitas, principalmente quando se trabalha em condições de campo. Considerando-se que a análise de crescimento usa medidas morfológicas ou anatômicas para inferir processos fisiológicos, a imprecisão das medidas de raízes no campo é de tal ordem, que é preferível não executá-las. Quando há um interesse muito grande, entretanto, é possível fazer-se uma estimativa a partir de medidas indiretas no campo (estima-se a superfície radicular ou a quantidade de raízes em um determinado volume de solo, o qual é mantido para todas as amostragens feitas).

Quando se trabalha com plantas envasadas, essas medidas tornam-se bastante viáveis, podendo ser detectadas quase que integralmente. Medidas do sistema radicular tornam-se mais importantes quando se trabalha com estresse hídrico e, neste caso, existe toda uma metodologia para fazer estas avaliações. O tipo de recipiente pode ser fundamental, sendo comum o uso de tubos com altura e diâmetros diferentes e com conexões para permitir estudos de profundidade.

Em déficit hídrico, é importante estabelecer a relação Raíz/Parte Aérea, para se determinar a gravidade do estresse. No caso de órgãos de armazenamento (raízes e caules subterrâneos), as medidas podem ser feitas normalmente.

Padrões de crescimento exponencial e sigmóide

As células individuais ou órgãos apresentam potencialmente um crescimento ilimitado que obedece a um padrão exponencial. Interações mútuas entre indivíduos impõem limitações ao crescimento e a curva de crescimento sofre uma inflexão, tomando uma conformação sigmóide. Também os organismos mostram uma conformação sigmóide, devido eventuais limitações de espaço e/ou nutrientes ou acúmulo de produto final. Normalmente, os produtos estudados como volume, massa ou superfície, altura, número de células ou mesmo conteúdo de proteína, mostram padrão sigmóide quando analisados no decorrer da vida da planta.

O crescimento de plantas superiores está na fase exponencial quando os acúmulos se processam continuamente. Neste caso, o embrião representa a participação inicial, enquanto a eficiência fotossintética lhe proporciona a aceleração. Durante a fase inicial a planta depende fundamentalmente das substâncias de reservas da semente (período de crescimento lento), passando posteriormente, a uma fase exponencial (de crescimento rápido, fase linear), dependente da absorção das raízes e da atividade fotossintética. Em seguida, ocorre um período de redução no crescimento, podendo cessar com o final da senescência. Esta redução do processo pode ser traduzida como uma paralisação na produção de matéria orgânica (Figura 3).

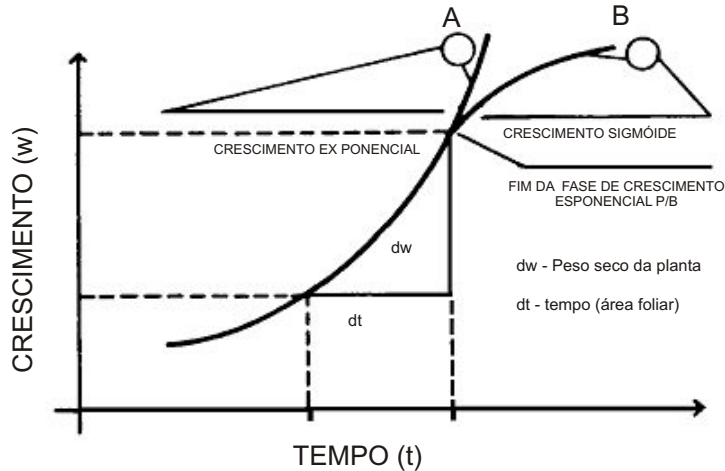


Figura 3. Padrões de crescimento em planta: exponencial (A) e sigmóide (B) (Reis & Muller, 1979).

O crescimento das células e de órgãos individuais seguiria um modelo exponencial caso não houvesse certas limitações no crescimento. Com isso, a curva que melhor expressa o crescimento é a sigmoidal. O crescimento inicial dos organismos inclui uma fase exponencial de crescimento, semelhante ao acúmulo de capital através da “taxa de juros compostos”, onde o embrião representa o capital inicial, enquanto a eficiência fotossintética determina a taxa de juros (Leopold & Kriedman, 1978). É semelhante a uma poupança. Só que no banco seu dinheiro rende ou vai crescer exponencialmente, enquanto que no caso da planta, o crescimento exponencial é limitado. O crescimento nestas condições segue a seguinte equação:

$$W_t = W_0 \times e^{rt} \quad (1)$$

sendo W_t , o crescimento depois de determinado tempo.

Num gráfico semilogarítmico do peso da matéria seca em função do tempo, a equação (1) acima torna-se uma equação da linha reta:

$$\ln W_t = \ln W_0 + rt \ln e \quad (2)$$

onde: W_0 representa o crescimento inicial, ou $\ln W_t = \ln W_0 + rt$; onde: t = intervalo de tempo e r = taxa de crescimento; \ln = logaritmo natural e e = base dos logaritmos naturais (2,7182). Assim, r significa o índice de eficiência ou coeficiente de interesse; definindo-se como a capacidade da planta adicionar matéria seca a si própria, ou seja, indica a “taxa de crescimento”.

Parâmetros de análise de crescimento

Embora muitas vezes o pesquisador se depare diante de situações difíceis de serem explicadas quanto à complexidade do crescimento vegetal, ele procura utilizar uma “lógica” estabelecida com base em vários parâmetros, considerando que a análise de crescimento ainda é o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição dos diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal.

As medidas obtidas ao longo do ciclo da cultura, em plantas intactas ou colhidas, são tabeladas de forma que possam ser analisadas por meio de fórmulas matemáticas e/ou graficamente. Para tanto, podem ser utilizadas várias funções, equações ou programas. A utilização de equações de regressão não só corrige as oscilações normais, como permite avaliar a tendência do crescimento em função dos tratamentos (Benincasa, 2004).

Taxa de crescimento absoluto (TCA)

Para Reis & Muller (1979), taxa de crescimento absoluto é a variação ou incremento entre duas amostragens ao longo de um determinado período de tempo. É uma medida que pode ser usada para se ter idéia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação.

$TCA = (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1) = g \text{ dia}^{-1}$ ou semana. Onde, W_1 e W_2 é a variação da massa da matéria seca em duas amostragens consecutivas tomadas nos tempos T_1 e T_2 . Indica a variação de crescimento em um determinado intervalo de tempo; ou um incremento de matéria seca neste intervalo de tempo.

Segundo Benincasa (2004), a TCA indica variação ou incremento entre duas amostragens sucessivas, isto é, indica a velocidade de crescimento ($g \text{ dia}^{-1}$ ou semana). A TCA pode ser usada para se ter uma idéia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação. Em valores médios, tem-se que a $TCA = (W_t - W_0) / T = g \text{ dia}^{-1}$.

Taxa de crescimento relativo (TCR)

Para os biólogos, é mais interessante expressar essa taxa de crescimento segundo uma base comum, que é o próprio peso da planta. Neste caso, trata-se da taxa de crescimento relativo: $TCR = dW / (dT \times 1/W)$, onde: W = base em que se relaciona a TCA. Esta medida foi estabelecida por Briggs (1920). É apropriada para avaliação do crescimento vegetal, que é dependente da quantidade de material acumulado gradativamente. A TCR expressa o incremento na massa de matéria seca, por unidade de peso inicial, em um intervalo de tempo (Reis & Muller, 1979). Para valores médios, usa-se: $TCR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1) = g \text{ g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, onde \ln é o logaritmo neperiano; W_1 e W_2 representam a massa da matéria seca nos tempos T_1 e T_2 . Em trabalhos onde se faz necessário o cálculo dos valores instantâneos, deve-se aplicar a fórmula: $R = C_t / W_t$, onde: C_t = Taxa de produção de matéria seca total e W_t = massa da matéria seca total.

As curvas de taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) são distintas, conforme mostra a Figura 4. Magalhães (1985) considera a taxa de crescimento relativo como a medida mais apropriada para avaliação do crescimento vegetal, que é dependente da quantidade de material que está sendo acumulado. A TCR varia ao longo do ciclo vegetal, pois depende de dois outros fatores do crescimento: a área foliar útil para a fotossíntese ou razão de área foliar (RAF), e da taxa fotossintética bruta, descontando a respiração (mais a fotorrespiração nas plantas C_3) ou taxa assimilatória líquida (TAL). Portanto, a taxa de crescimento relativo poderá ser obtida utilizando-se as equações:

$$TCR = TAL \times RAF \text{ ou } TCR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1).$$

Segundo Benincasa (2004), todo crescimento resultará da produção de material suficiente para atender às necessidades metabólicas do material já existente e, ainda, para armazenar ou construir novo material estrutural, uma vez que conceitualmente, a análise de crescimento estabelece que a taxa de crescimento de uma planta é função do tamanho inicial (período em que se inicia a observação).

Razão de área foliar (RAF ou QAF)

Representa a relação entre a área foliar (L) e o peso da matéria seca total da planta (W). É também chamado quociente de área foliar (West et al., 1920): $RAF = L/W$ ou $L_1 + L_2 / W_1 + W_2$; expressa-se em cm^2 ou $\text{dm}^2 \text{ g}^{-1}$. A RAF declina enquanto a planta cresce, em função do autossombreamento, com a tendência da diminuição da área foliar útil ou fotossinteticamente ativa (responde pela interceptação da radiação luminosa e captação do CO_2 na fotossíntese), para a produção de matéria seca. O quociente de área foliar varia com a Área foliar específica (AFE) e a Razão de massa de folha (RMF). Assim, qualquer variação em um deles, ou nos dois, implicará em alterações na RAF.

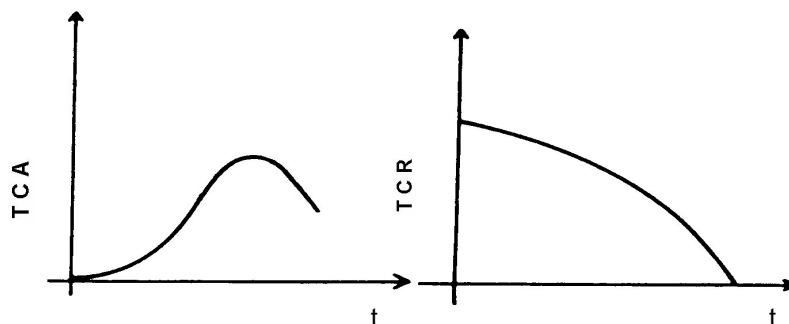


Figura 4. Taxas do crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) no modelo sigmóide (Reis & Muller, 1979).

A área foliar específica relaciona a superfície com a massa da matéria seca da própria folha (AF/MSF). A superfície é o componente morfológico e a fitomassa é o componente anatômico, pois está relacionado com a composição interna formada pelo número e/ou tamanho de células do mesófilo foliar. A razão de massa da folha se constitui numa componente fisiológica, já que é razão de massa de matéria seca retida nas folhas e massa de matéria seca acumulada na planta (MSF/MSP). Considerando que as folhas são o centro de produção de matéria seca através da fotossíntese e, que o restante da planta depende da exportação dessa fitomassa, a RMF expressa a fração de matéria seca não exportada. Assim, pode-se utilizar a seguinte expressão: $RAF = AFE \times RMF$.

Taxa assimilatória líquida (TAL)

Representa a taxa de incremento de massa de matéria seca (W) por unidade de área foliar (L) existente na planta, assumindo que tanto L como W, aumentam exponencialmente (West et al., 1920). Outros órgãos fotossintéticos, além das folhas, podem ser levados em consideração para o cálculo da TAL que reflete a capacidade da planta em aumentar sua fitomassa em função de sua superfície assimilatória, em determinado intervalo de tempo. Portanto, relaciona-se com a eficiência fotossintética da planta de modo generalizado.

Segundo Magalhães (1985), a TAL reflete a dimensão do sistema assimilador que é envolvida na produção de matéria seca, ou seja, é uma estimativa da fotossíntese líquida. Depende dos fatores ambientais, principalmente da radiação solar. Devido ao auto-sombreamento a TAL diminui com o aumento do IAF e, conseqüentemente, com o crescimento da comunidade vegetal. Avalia a resposta do crescimento da planta às condições ambientais, serve para estudos de comparação entre espécies e mede a eficiência de uma planta na produção de matéria seca. Expressa-se em $g.dm^{-2}.dia^{-1}$, sendo

$$AL = (W2 - W1)(\ln L2 - \ln L1) / (L2 - L1)(T2 - T1)$$

Para Benincasa (2004), a taxa assimilatória líquida deve ser aplicada quando existe uma correlação linear entre a área foliar e a matéria seca total. Ou seja, para que haja precisão total da fórmula, é necessário que L e W estejam relacionados linearmente. Entretanto, isto não é rígido, mesmo na fase de crescimento exponencial das plantas. Pode-se minimizar os erros, diminuindo os intervalos de tempo entre as amostragens. A TAL representa o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e aquele perdido pela respiração (Pereira & Machado, 1987) e indica a eficiência de uma planta na produção de matéria seca. No entanto, a produção econômica está sob outros controles e não necessariamente relacionado com a eficiência fotossintética.

Taxa de crescimento foliar relativo (TCFR)

Avalia o relativo crescimento da planta em termos de matéria seca formada na parte aérea, mais precisamente nas folhas (área foliar) em função do peso inicial. É obtida através da equação:

$$TCFR = \ln L2 - \ln L1 / T2 - T1$$

Representa o aumento de área foliar em um determinado período de tempo. É também chamada de Taxa de

crescimento relativo de folhas (TCRF). A análise de TCFR segue o mesmo raciocínio observado com o parâmetro taxa de crescimento relativo (TCR), diferenciando-se deste, em virtude de relacionar mais a parte aérea e não a planta como um todo.

Os termos da equação possuem o mesmo significado da taxa assimilatória líquida (TAL), podendo ser expressa apenas como: $TCFR = \ln L2 - \ln L1$ ou ainda pode ser empregada a seguinte fórmula: $TCFR = TAL \times RAF$, sendo, portanto, uma medida análoga da taxa de crescimento relativo (TCR).

Taxa de crescimento da cultura (TCC)

Parâmetro considerado o mais importante em fisiologia da produção e empregado para comunidades vegetais. Representa a quantidade total de matéria seca acumulada por unidade de área de solo ou outro substrato (vegetação aquática, por exemplo, ou caso se trate de cultivo hidropônico), em um determinado tempo. É a taxa de produção de matéria seca (TPMS) de uma comunidade vegetal. Expressa-se em $g\ m^{-2}\ dia^{-1}$ e é obtida através da equação:

$$TPMS = (W2 - W1) / S / (T2 - T1)$$

onde S, representa a área ocupada pela cultura no substrato disponível. A taxa de crescimento da cultura ou a taxa de produção de fitomassa de uma comunidade vegetal avalia a produtividade primária líquida, constituindo o somatório das taxas de crescimento dos diversos componentes das plantas (Reis e Muller, 1978; Pereira & Machado, 1987; Peixoto, 1998; Brandelero, 2001 e Brandelero et al., 2002).

A cobertura fotossintética em uma comunidade tem sido expressa por um número puro (adimensional), resultante da área foliar (L) e da área do terreno ou substrato (S), o índice de área foliar (IAF). Este conceito é básico para análise de crescimento em comunidade de plantas ou na interceptação de luz e, especialmente, para informar sobre o desempenho de folhas individuais. Mesmo sendo o IAF a simples razão L/S, ele apresenta interações com a TAL e a produtividade, por que a taxa de crescimento da cultura pode ser obtida por: $TCC = TAL \times IAF\ (g\ m^{-2}\ dia^{-1})$.

Índice de área foliar (IAF)

A área foliar de uma planta constitui sua matéria prima para fotossíntese e, como tal, é muito importante para a produção de carboidratos, lipídeos e proteínas. O IAF representa a área foliar total por unidade de área do terreno. Funciona como indicador da superfície disponível para interceptação e absorção de luz. O IAF pode variar com a população de plantas, distribuição de plantas e variedades. Existe um IAF ótimo para cada cultura, que varia geralmente de 2,0 a 5,0. Isto por que: a) durante o crescimento da comunidade vegetal o IAF deve ser suficiente para interceptar o máximo de luz; b) o IAF deve atender para os objetivos que controlam o cultivo da planta. Isto é, se o interesse é a produtividade econômica (produto comercializado, deseja-se um IAF ótimo) ou a produtividade biológica (fitomassa total, quando interessa um IAF máximo).

O índice de área foliar é computado em diferentes estádios de crescimento e é muito variável entre plantas e entre épocas de amostragens. Ele avalia a capacidade ou a velocidade com que as partes aéreas do vegetal (área foliar) ocupam a área de solo ou de um outro substrato disponível àquele vegetal. Em determinadas circunstâncias, além das folhas, outras partes do vegetal devem também ser integradas à área foliar, como pseudocaulas, pecíolos, brácteas etc. Um IAF igual a 2,0 significa $2\ m^2$ de área foliar (AF) ocupando $2\ m^2$ de solo ou de outro substrato (S): $IAF = AF / S$.

A interceptação de luz por uma superfície foliar é influenciada pelo seu tamanho e forma, ângulo de inserção e orientação azimutal, separação vertical e arranjo horizontal e pela absorção por estruturas não foliares. O ângulo foliar é um parâmetro importante na produção; folhas eretas são mais eficientes para a fotossíntese máxima, quando o IAF é grande. A forma cônica de planta induz um maior potencial produtivo que a globosa, pois reduz o auto-sombreamento.

Duração de área foliar (DAF)

O aparelho assimilatório das plantas é constituído pelas folhas que definem a produtividade do vegetal. Assim, o crescimento das plantas é fortemente influenciado pelo tempo em que é mantida ativa sua superfície foliar. Tal característica é definida pela duração da área foliar: tempo em que é mantida fotossinteticamente ativa a superfície foliar.

Sendo a fotossíntese o processo responsável pelo fornecimento da energia para o crescimento e desenvolvimento das plantas, parece lógico supor-se que, quanto mais rápido a cultura atingir o máximo do IAF e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa, maior será a produtividade biológica da cultura. Portanto, a DAF nada mais é que a integral do IAF contra o tempo. Pereira & Machado (1987) encontraram correlação positiva entre a produtividade econômica e a DAF na cultura do feijoeiro. A duração da área foliar pode ser expressa da seguinte forma: $DAF = \frac{1}{2} (L1 + L2) (T2 - T1)$ e a sua unidade em $dm^2 \text{ dia}^{-1}$.

Índice de colheita (IC)

Pereira & Machado (1987) fazem referência ao índice de colheita como um quociente freqüentemente usado para medir a eficiência de conversão de produtos sintetizados (PB) em material de importância econômica (PE). Em relação a uma cultura madura, o IC define-se como a razão entre a massa da matéria seca da fração econômica produzida (grão, raiz, fruto) e a fitomassa seca total colhida: $IC = MSFEP / FSTC$ ou $IC = PE/PB$.

A eficiência de conversão de produtos sintetizados (matéria seca total ou produtividade biológica) em material de importância econômica (produto comercializado ou produtividade econômica) é determinada pelo genótipo e pelo ambiente. O objetivo é obter variedades com alto IC em alta densidade populacional. As culturas apresentam IC diferenciados, dependendo do seu uso. A cana-de-açúcar é um bom exemplo (Tabela 1).

Tabela 1. Diferentes produtos comercializados e índices de colheitas na cana-de-açúcar.

Produto comercializado (PE)	Índice de colheita (IC)
Sacarose	0,20
Todos os açúcares	0,23
Bagaço	0,63
Vinhaça + cinza	1,00

Fonte: Lucchesi (1985).

Apresentação de dados

Como exemplo da utilização prática da análise de crescimento, são apresentados dados de nove cultivares de soja recomendados para a Região Oeste da Bahia e que foram avaliados nas condições agroecológicas do município de Cruz das Almas-BA. O experimento foi conduzido no campo experimental da Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, localizado nesse município, situado a $12^{\circ}40'19''$ de Latitude Sul e $39^{\circ}06'22''$ de Longitude Oeste de Greenwich, tendo 220 m de altitude. O clima é tropical quente úmido, Aw a Am, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de $24,5^{\circ}C$ e precipitação pluviométrica de 1.224 mm/ano.

O delineamento foi em blocos casualizados, com nove cultivares (tratamentos) e quatro repetições. A densidade de plantio foi de 15 plantas por metro linear, sendo que cada unidade experimental foi composta de oito linhas de plantio com 5,0 m de comprimento e 0,50 m entrelinhas. Duas linhas foram utilizadas para o estudo da análise de crescimento (amostras destrutivas), descontando-se 0,50 m de bordadura nas extremidades.

Observa-se o incremento da matéria seca (Figura 5) e a variação da superfície foliar (Figura 6), conforme o cultivar. Verifica-se a tendência sigmoidal para as curvas obtidas dos cultivares avaliados (Figura 5). Essas projeções das curvas são características de culturas anuais a exemplo das encontradas por Pedro Júnior et al. (1985), Pereira & Machado (1987), Peixoto (1998) e Brandelero et al. (2002).

Na Figura 6 encontra-se o desempenho dos cultivares de soja quanto ao índice de área foliar, que foram ajustados no tempo pela função polinomial exponencial, sendo que estes apresentaram tendência parabólica para todas as curvas, semelhantes aos relatados por Gazzoni (1974) e Peixoto (1998).

Nota-se que o cultivar Conquista, mesmo apresentando menor IAF ótimo (2,6), em relação ao cultivar Liderança (3,5), obteve o valor de matéria seca total da planta (8,3g), próximo ao daquele (8,2g), demonstrando que a eficiência fotossintética não fica restrita apenas à superfície foliar, mas, também a outros fatores intrínsecos de cada cultivar, como por exemplo, a sua carga genética.

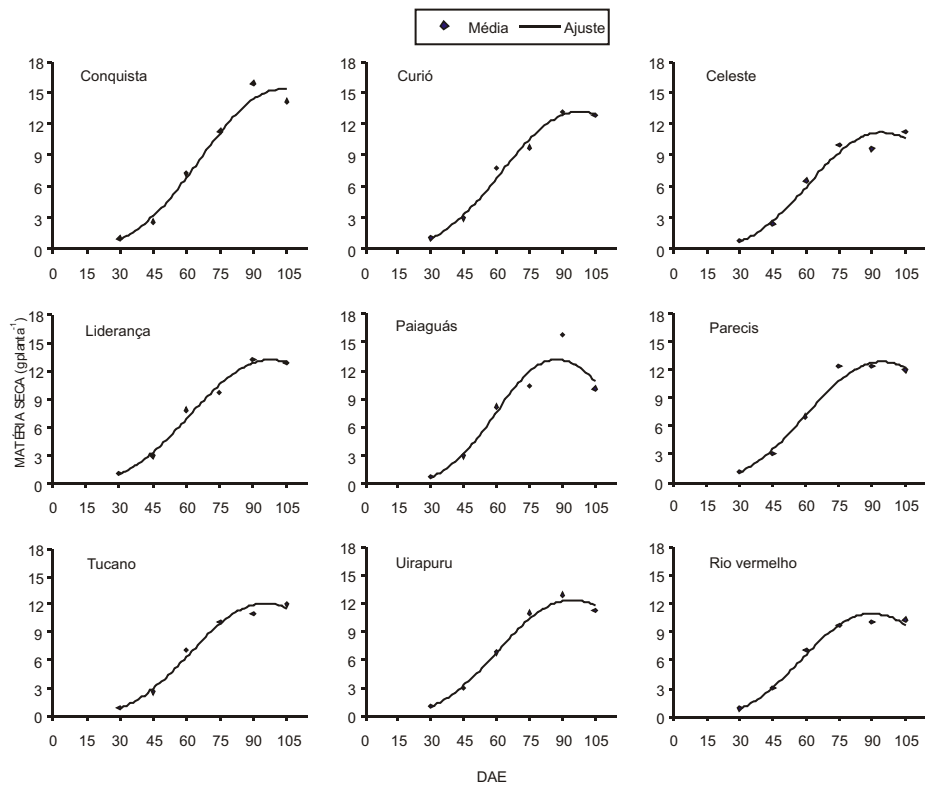


Figura 5. Variação da massa da matéria seca dias após a emergência (DAE) dos cultivares de soja introduzidos nas condições agroecológicas de Cruz das Almas - BA. 2000.

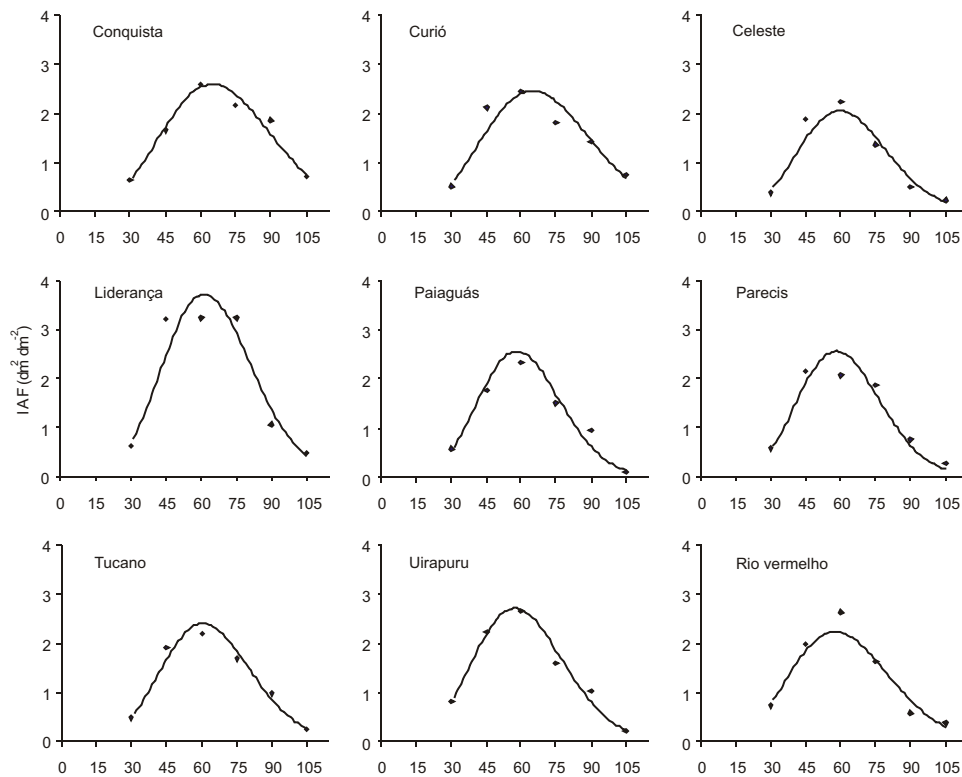


Figura 6. Variação do índice de área foliar (IAF) dias após a emergência (DAE) dos cultivares de soja introduzidos nas condições agroecológicas de Cruz das Almas - BA. 2000.

REFERÊNCIAS

- BENINCASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas** (noções básicas). Jaboticabal. FUNEP. 2004. 42p.
- BLACKMAN, V.H. The compound interest law and plant growth. **Ann. Bot.**, v. 33, p. 353-60, 1919.
- BLEASDALE, J. K. A. A planta em estado vegetativo. In: BLEASDALE, J. K. A. **Fisiologia Vegetal**. EPU, Editôra da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1977. p. 65 -107.
- BRANDELERO, E. M. Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no município de Cruz das Almas-BA. 2001. 63f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas.
- BRANDELERO, E. M.; et al. Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no Recôncavo Baiano. **Magistra**. Cruz das Almas v. 14, n. 2, p. 77-88, jul/dez 2002.
- BRIGGS, G. E.; KIDD, F. A.; WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. Part I. **Ann. Appl. Biol.**, v. 7, p. 202-23, 1920.
- CASTRO, P. R. C.; BERGAMASHI, H.; SILVEIRA, J. A. G.; MARTINS, P. F. S. Desenvolvimento comparado de três cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**. Piracicaba, n. 41, p. 555-84. 1984.
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001, 231p.
- FELIPPE, G. M. Desenvolvimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo. EPU, 1985. v. 1, p. 1 -37.
- GAZZONI, D. L. **Avaliação do efeito de três níveis de desfolhamento aplicado em quatro estádios de crescimento de dois cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sobre a produção e a qualidade do grão**. Porto Alegre, 1974. 70 p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- LEOPOLD, A. C.; KRIEDMAN, P. E. **Plant Growth and Development**. McGraw-Hill. New York. 1978. 545 p.
- LIMA, J. F. **Tamanho ótimo de parcela, alocação de fitomassa e crescimento de mamoeiro em casa de vegetação**. 2006. 60p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Centro de Ciências Agrárias e Ambientais. Universidade Federal da Bahia.
- LUCCHESI, A. A. Utilização prática da análise quantitativa do crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**. Piracicaba. 1985. v. XLII. p.401-428.
- LUCCHESI, A. A. Fatores da produção vegetal. In: **Ecofisiologia da produção agrícola**. Paulo P.C. Castro; S. O. Ferreira; T. Yamada (ed.). Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 1-48.
- MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo, EPU, 1985. v.1, p.363 - 50.
- PEDRO JUNIOR, M. J.; MASCARENHAS, H. A. A.; TISSELI FILHO, O.; ANDELOCCI, L. A. Análise de crescimento em soja. **Turrialba**, v. 35, n. 4, p. 323- 327, 1985.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de vegetais. Campinas. Instituto Agronômico. Campinas, 1987. 33 p. (IAC-Boletim Técnico n. 114).

PEIXOTO, C. P. Comparação de cinco métodos de estimativa da área foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). V CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL. **Anais...** Lavras, MG. 1995. p.92.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas.** 1998. 151f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PEIXOTO, C.P.; CAMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S. Efeitos de épocas de semeadura e densidade de plantas sobre o rendimento de cultivares de soja no estado de São Paulo. **Revista de Agricultura.** Piracicaba. v. 77, n. 2, 550p. set. 200.

REIS, G. G.; MULLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas** - mensuração do crescimento. Belém, CPATU, 1978. 35p.

REIS, M. S.; VIEIRA, C.; ANDRADE, A. M. S.; SEDIYAMA, T. Efeitos do espaçamento e da densidade de plantio sobre a variedade de soja UFV-1 no Triângulo Mineiro. **Revista Ceres**, v. 24, n. 134, p. 412-419, 1977.

WEST, C.; BRIGGS, G. E.; KIDD, F. Methods and significant relations in the quantitative analysis of planta growth. **New Physiologist**, v. 19: p. 200-207, 1920.

CAPÍTULO 5

FISIOLOGIA DA FLORAÇÃO DO ABACAXIZEIRO

Getúlio Augusto Pinto da Cunha

FISIOLOGIA DA FLORAÇÃO DO ABACAXIZEIRO

Getúlio Augusto Pinto da Cunha

Pesquisador - Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas-BA. E-mail: getulio@cnpmf.embrapa.br

INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*, Coppens & Leal) é uma planta tropical monocotiledônea, herbácea e perene, da família Bromeliaceae, que sempre se destacou na fruticultura tropical. Graças às características de seu fruto, apreciado em todo o mundo onde é cultivado em mais de 60 países e à sua rentabilidade, apresenta grande demanda e importância econômica. No Brasil, é a quinta fruta tropical mais cultivada e representa uma ótima opção de cultivo em regiões não tradicionais, a exemplo do semi-árido. Trata-se de uma planta que requer tratamentos culturais cuidadosos e frequentes e apresenta alguns aspectos morfológicos e fisiológicos, cujo conhecimento facilita o seu manejo e o entendimento dos mecanismos de seu florescimento. Dentre esses, destaca-se o meristema apical, que dá origem às folhas durante o estágio vegetativo, mas que, posteriormente, passa por transformações, originando a inflorescência e, em seguida, retoma sua atividade vegetativa, formando a coroa do fruto. O abacaxizeiro foi a primeira planta a ter sua floração controlada artificialmente, em escala comercial.

A passagem do estágio vegetativo para o de floração é de suma importância para as plantas, porque o florescimento é o primeiro passo da reprodução sexual, resultando na produção de frutos, que é a atividade fim ou objetivo maior da exploração econômica das fruteiras. Diversos estudos, visando ao entendimento de como essa transição é controlada, têm sido realizados com várias espécies nas últimas décadas, gerando uma grande quantidade de informações. Muitos reguladores de crescimento, naturais e sintéticos, exercem sua ação, provavelmente pelos seus efeitos na síntese e/ou atividade do etileno, hormônio vegetal endógeno e gasoso que regula o crescimento e desenvolvimento das plantas em geral, que tem também atuação determinante na fisiologia da floração.

O objetivo desse trabalho é discorrer sobre a floração na cultura do abacaxi, principalmente sobre o envolvimento de algumas substâncias químicas que apresentam atividade reguladora do crescimento vegetativo da planta, para melhor entendimento dos seus mecanismos e, via de consequência, do manejo da cultura.

NOÇÕES DE FISIOLOGIA DA DIFERENCIAÇÃO FLORAL

A floração é um processo unitário e integrado, de natureza bastante complexa e controle multifatorial, que tem sido estudado extensivamente, abrangendo da ecofisiologia à biofísica (Bernier et al., 1993; Kinet et al., 1981; Kinet, 1993). A maioria das plantas reage a sinais ambientais para regular a transição para o florescimento, haja vista que todos os indivíduos de uma espécie têm de florescer de modo sincronizado para o sucesso do cruzamento e, também, porque devem completar sua reprodução sexual sob condições externas favoráveis (Bernier et al., 1993). Em geral, a floração natural é estimulada por mudanças sazonais regulares de condições climáticas, a exemplo do fotoperíodo, temperatura e disponibilidade hídrica. Tais mudanças são captadas por diferentes órgãos da planta: o fotoperíodo pelas folhas maduras; a temperatura por todas as partes da planta, apesar da baixa temperatura ser, preferencialmente, pelo ápice caulinar; e a disponibilidade hídrica pelas raízes (Bernier et al., 1993). No caso do abacaxizeiro, é necessário que exista, pelo menos, uma folha na planta, para que o estímulo florígeno possa ser captado e repassado para o ápice caulinar. Apesar do fotoperíodo ser captado pelas folhas, as alterações morfológicas que vão ocasionar a transição para a formação da flor ocorrem no ápice caulinar (Castro & Vieira, 2001), o que sugere a transmissão de alguma mensagem da folha para o ápice, constituindo-se no estímulo floral ou florígeno. A iniciação floral delimita a transição entre o crescimento vegetativo e o estágio reprodutivo das plantas produtoras de sementes, sendo, portanto, um evento marcante na vida dessas plantas. As flores nada mais são do que ramos ou folhas modificados, produzidos por meristemas modificados de ramos, ou seja, os primórdios florais.

Sabe-se que o meristema de uma planta recebe de outras partes da mesma, permanentemente, um conjunto de sinais, de intensidade variável, que são favoráveis à produção de estruturas, ora vegetativas, ora reprodutivas. A questão central da fisiologia da iniciação floral consiste em entender-se quais fatores atuam na transformação do meristema caulinar em primórdio floral e de que modo eles exercem sua ação. O conhecimento desses sinais é da mais

alta importância, fundamental e prática, para uma exploração mais racional das culturas. Os principais fatores ambientais responsáveis pela indução floral são o fotoperíodo (comprimento do dia ou horas de luz) e temperatura (vernalização, efeito do frio). A planta precisa também atingir a maturidade suficiente para ser induzida à floração, sendo necessário que as folhas capturem os estímulos fotoperiódicos e que o meristema apical esteja o mais sensível possível à vernalização. Uma vez consumada a transformação do meristema caulinar em primórdio floral, este último torna-se, invariavelmente, incapaz de retomar o crescimento vegetativo. Daí porque o crescimento vegetativo e o desenvolvimento reprodutivo nas plantas são considerados eventos mutuamente exclusivos.

Em geral, na floração são observadas duas fases: a iniciação floral e o desenvolvimento floral. Na primeira fase, é necessário que alguns eventos ocorram no ápice caulinar, comprometendo-o, de modo irreversível, com a iniciação do primórdio floral, sendo esse o primeiro passo para a formação das flores, denominado de “evocação” (Kinet et al., 1981).

Algumas teorias foram formuladas para explicar a floração, baseadas em várias pesquisas realizadas ao longo de décadas, abrangendo aspectos fisiológicos, genéticos (relacionados à sensibilidade das plantas aos fatores climáticos) e ambientais. Estudos envolvendo enxertia em plantas sensíveis ao fotoperíodo serviram de base para Chailachjan, citado por Min (1995), postular a presença de um hipotético hormônio do florescimento, denominado de “florigeno”. Foi levantada, também, a possibilidade de existência de um inibidor floral, o “antiflorígeno”, que atuaria de modo antagônico ao “florigeno”. No caso de plantas que florescem sob o efeito da vernalização, foi associado outro produto, a “vernalina”, cuja relação com o “florigeno” e a floração, foi bastante estudada.

Dentre as teorias de controle interno da “evocação”, que incluem o conceito do “florigeno/antiflorígeno”, o modelo de controle multifatorial, a hipótese do desvio de nutrientes e sinais elétricos, dominam os dois primeiros, porém, ainda sem provas definitivas, apesar de Bernier et al. (1993) terem apresentado resultados que apoiam o controle multifatorial. Qualquer explicação sobre o mecanismo de controle fotoperiódico do florescimento deve contar com a presença tanto de promotores quanto de inibidores, o que está de acordo com o modelo de controle da “evocação”, proposto por Bernier et al. (1981). De acordo com esses autores, os fatores não são os mesmos para as diferentes espécies, e podem ser sintetizados nas folhas, raízes, ápice caulinar e outros locais. Se apenas um fator estiver ausente, o processo não tem continuidade, mas todos estão presentes sob condições indutivas. Algumas evidências demonstram que o florescimento no meristema pode consistir de diversas etapas que, por sua vez, podem ser ativadas individualmente, mas, muitas questões ainda precisam ser respondidas.

FLORESCIMENTO DO ABACAXIZEIRO

A diferenciação floral do abacaxizeiro possui outra particularidade: a de poder ser desencadeada artificialmente, por meio de substâncias químicas, cujos aspectos apresentam muitos pontos comuns com a floração natural, os quais serão abordados a seguir.

O processo de florescimento do abacaxizeiro pode ser melhor entendido conhecendo-se seu ciclo cultural, que varia de 12 a 30 meses até que seja produzido o primeiro fruto, a depender das condições ambientais e do manejo da cultura. Esse ciclo pode ser dividido em três etapas: a) fase vegetativa - abrange o período do plantio à diferenciação floral; b) fase reprodutiva (envolvendo a floração e frutificação) - vai da diferenciação floral à colheita do fruto; c) fase propagativa - tem início ainda na fase reprodutiva, mas prolonga-se após a colheita do fruto, abrangendo o desenvolvimento (ceva) e colheita das mudas. Dessas fases, a que apresenta menor elasticidade é a reprodutiva, quer seja natural ou artificialmente desencadeada. Vários são os fatores que influem no ciclo da cultura, citando-se, principalmente, além dos climáticos, a nutrição mineral, tipo e peso da muda e época de plantio (Gowing, 1961; Reinhardt & Cunha, 1982a; Cunha et al., 1993). A suscetibilidade do abacaxizeiro à floração natural ou à indução artificial é determinada, em grande parte, pela idade ou tamanho da planta.

O florescimento do abacaxizeiro pode ocorrer naturalmente, relacionado a fatores climáticos, ou artificialmente, com o uso de produtos químicos, em geral reguladores de crescimento vegetal. Em ambos os casos, há o envolvimento de fatores internos ou hormônios produzidos pela própria planta, a exemplo do ácido indolacético (AIA) e do etileno, este último considerado como fator indutor (Burg & Burg, 1966), responsável direto pela diferenciação floral. A produção de etileno ocorre por meio de uma ação sequencial das enzimas ACCsintase e ACCoxidase cujo esquema encontra-se no item “Substâncias usadas e modo de atuação”.

A cultura do abacaxi é explorada comercialmente em razão de poder-se controlar e uniformizar, por meios artificiais, o florescimento das plantas e, assim, concentrar a colheita em épocas oportunas, do ponto de vista agro-econômico, ou distribuí-la em todos os meses do ano. Isso porque o abacaxizeiro responde muito bem à aplicação de substâncias químicas que têm a capacidade de influenciar seus processos fisiológicos, relacionados com a diferenciação floral.

A floração natural do abacaxizeiro é um fenômeno que apresenta uma série de inconvenientes, não se associando consistentemente com um determinado fator climático. A diferenciação natural do florescimento dá-se, via de regra, entre o final do outono e o início do inverno, no ano subsequente ao do plantio, ainda que possa ocorrer em outras estações, a depender da região. Esse tipo de floração vem causando, com intensidade cada vez maior, sérios prejuízos nas regiões produtoras de todo o mundo, pois dificulta não apenas os tratamentos culturais e fitossanitários, mas também a colheita e a comercialização do fruto, podendo, ainda, refletir negativamente no rendimento da primeira e demais safras, onde essas são exploradas. Os prejuízos tornam-se maiores se a floração ocorre precocemente, haja vista que, nessa situação, as plantas ainda não apresentam um desenvolvimento ou porte adequado para produzir um fruto com padrão comercial. Esse fato tem sido comprovado tanto em plantações comerciais quanto experimentalmente, notando-se, por outro lado, diferenças na suscetibilidade das mudas e plantas à floração, a depender do seu tamanho, sendo as maiores mais suscetíveis. Apesar disso, tem-se observado que mesmo as plantas pequenas têm respondido aos estímulos florais, naturais e artificiais.

Sendo função também das condições climáticas, a floração natural varia de ano para ano, de acordo com as épocas e regiões produtoras, acentuando-se sua incidência em áreas de altitude e latitude mais elevadas. Nas principais regiões produtoras do mundo, têm sido relatadas taxas de ocorrência de floração natural variando de 20% a 80% (Reinhardt et al., 1986; Scott, 1993; Barbosa, 1997; Rebolledo-Martínez et al., 1997).

Inflorescência do Abacaxizeiro - descrição botânica, crescimento e desenvolvimento

A inflorescência do abacaxizeiro é formada por um grupo de flores sésseis soldadas em torno de um eixo, que é o prolongamento do caule, dispostas em oito espirais, apresentando uma filotaxia 8/21; cada inflorescência pode conter mais de uma centena de flores individuais (Okimoto, 1948). Segundo esse autor, as flores são hermafroditas, trímeras, possuindo três sépalas, três pétalas, seis estames e um ovário ínfero, tricarpelar e trilobular, com três glândulas nectaríferas separando os lóculos. As flores do abacaxizeiro são formadas pelo mesmo meristema que origina as folhas, situado no ápice do caule; o florescimento envolve a transição da diferenciação das estruturas vegetativas para a formação de uma inflorescência no meristema apical do caule. A primeira evidência de mudança morfológica nesse meristema é a expansão do diâmetro do seu disco, com a formação inicial do pedúnculo e da primeira flor ocorrendo quando o mesmo exibe seu diâmetro máximo. Tal fato pode ser observado cerca de uns quatro dias após a diferenciação floral, por meio de um corte longitudinal do ápice caulinar (Py & Silvy, 1954).

Pode-se distinguir duas etapas importantes nos processos de crescimento e desenvolvimento da inflorescência do abacaxizeiro. A primeira ocorre, aproximadamente, dois meses após a diferenciação e corresponde à parada de crescimento do pedúnculo, ao desabrochamento das primeiras flores e início de crescimento da coroa. A outra etapa acontece 15 dias antes da colheita, correspondendo à parada do desenvolvimento da coroa e murchamento do pedúnculo, com um fluxo importante de açúcares para o fruto, ainda em crescimento (Teisson, 1973).

Quando a planta atinge a maturidade no seu desenvolvimento, a inflorescência avermelhada, devido à cor azul púrpura de suas pétalas e brácteas, desponta no centro da roseta foliar, cerca de seis semanas após a diferenciação floral, tornando-se cada vez mais proeminente sobre o pedúnculo. Essas flores não abrem ao mesmo tempo e a floração procede espiralmente, da base para o ápice, com uma ou mais flores abrindo a cada dia (apenas nas primeiras horas da manhã) durante duas a quatro semanas (Okimoto, 1948).

FLORAÇÃO NATURAL DO ABACAXIZEIRO

Fatores Envolvidos

O desencadeamento da floração do abacaxizeiro depende do porte e estado fisiológico da planta e do comprimento do dia e temperatura (Bartholomew & Malézieux, 1994; Rabie et al., 2000). De acordo com esses autores, um mínimo de diferença de temperatura dia/noite é necessário para provocar o florescimento natural do abacaxizeiro, dependendo de seu estado fisiológico/nutricional, ou, então, apenas acentuar o efeito dos dias curtos. A seca também estimula a diferenciação floral em áreas onde tanto o fotoperíodo quanto a temperatura variam pouco (regiões subtropicais). Esses autores relataram, ainda, a ocorrência de floração natural no Havaí entre dezembro e janeiro, período de temperaturas mínimas, geralmente noturnas, abaixo de 15°C, e que plantas submetidas à temperatura constante de 25°C apresentam alta taxa de florescimento, que diminui à medida que o fotoperíodo aumenta de oito para 16 horas/dia. Friend & Lydon (1979) observaram que o crescimento vegetativo do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' aumentou nesse mesmo intervalo de fotoperíodo, no qual passou a operar, também, o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM). O comprimento e a largura da folha aumentaram entre oito e 12 horas/dia, ocorrendo o inverso

com a espessura. Esses autores concluíram que a floração na cultura do abacaxi é controlada pelo fotoperíodo, não sendo influenciada diretamente pelo peso seco da planta nem pelo metabolismo CAM. Min & Bartholomew (1997) observaram que a produção do etileno e a atividade da enzima formadora de etileno (ACCoxidase) no caule e em tecidos da folha de plantas de abacaxi cultivadas a 30/30 °C (dia/noite) foram menores do que as das plantas cultivadas a 30/20 °C.

Alguns autores são unânimes em afirmar que o período do plantio à colheita de um fruto de um determinado padrão é função do tipo e peso ou tamanho da muda (Teisson, 1972; Reinhardt et al., 1986); outros são de opinião que, além disso, a época de plantio ou, mais exatamente, a idade da planta no período favorável à indução floral, está, também, relacionada ao processo, que envolve ainda, fatores climáticos e tratos culturais que afetam o crescimento vegetativo da planta (Friend & Lydon, 1979; Mekers & De Proft, 1983; Cunha et al., 1993).

Nas pesquisas desenvolvidas para determinar-se quais os fatores ambientais envolvidos na diferenciação floral natural do abacaxizeiro, chegou-se ao consenso de que a mesma está relacionada, em grande parte, ao encurtamento do dia, bem como à baixa temperatura, principalmente a noturna, e baixa irradiância devido à nebulosidade (Gowing, 1961; Teisson, 1972; Reinhardt et al., 1986). As exigências climáticas do abacaxizeiro são caracterizadas por sua grande sensibilidade às geadas e radiação solar muito intensa. Apesar de não haver exigência de frio, as temperaturas abaixo de 17-15 °C promovem a floração natural (Bartholomew & Malézieux, 1994). Sanewski et al. (1998) observaram 100% de floração natural em abacaxizeiros mantidos a 20 °C por dez a 12 semanas. Segundo esses autores, mesmo não se sabendo, ainda, qual o efeito direto da baixa temperatura na floração natural, pensa-se que esta e o encurtamento dos dias aumentam a produção de etileno no meristema apical e na parte basal aclorofilada da folha, o que estimula o florescimento. Existem evidências, também, de que a baixa temperatura noturna aumenta o nível de auxina livre na planta, causando o florescimento e reduzindo, assim, a exigência de dias curtos (Van Overbeek & Cruzado, 1948). Mas, de acordo com Sanewski et al. (1998), o efeito direto da baixa temperatura ainda não está bem esclarecido.

Na Costa do Marfim, situada a 4° N, onde a mudança no comprimento do dia é muito pequena (cerca de 36 minutos apenas), com pouca ou nenhuma variação estacional de temperatura, o estímulo à floração natural ocorre, supostamente, em resposta à redução nas horas de irradiância (Bartholomew & Kadzimin, 1977), e às baixas temperaturas observadas, em geral, nos meses de agosto e dezembro-janeiro (Bartholomew & Malézieux, 1994). Assim, considera-se o abacaxizeiro uma planta de dias curtos, mas não obrigatória, que depende, quantitativamente, do efeito cumulativo desses dias (Friend & Lydon, 1979; Bartholomew & Malézieux, 1994). Contudo, nem todas as variedades respondem igualmente aos estímulos florais, sendo umas mais e outras menos sensíveis (Van Overbeek & Cruzado, 1948; Py, 1968; Bartholomew & Kadzimin, 1977).

O florescimento natural do abacaxizeiro, além de ser influenciado por fatores climáticos, sofre os efeitos da taxa de desenvolvimento da planta, sendo, assim, necessário que a mesma atinja um porte adequado ou a maturidade ontogenética, para responder aos estímulos ambientais (Lacoeuilhe, 1975; Bartholomew & Kadzimin, 1977), conforme foi observado por Mekers & De Proft (1983) em bromeliáceas ornamentais. Esse tamanho mínimo é alcançado em períodos mais curtos sob condições favoráveis, do que onde o crescimento é atrasado por falta de nutrientes e água e por temperatura baixa (Bartholomew & Malézieux, 1994). Na prática, porém, tem-se observado que mesmo as plantas pequenas apresentam capacidade de responder aos estímulos florais, tanto naturais quanto artificiais (Cunha, 1989b). A maturidade para a floração está sempre correlacionada com a capacidade da planta em converter o ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) exógeno em etileno. Sanewski et al. (1998) observaram que o teor de ACC (precursor imediato do etileno) aumentou cerca de 40% no inverno, quando a temperatura mínima média atingiu 14,5 °C. Plantas que haviam formado a inflorescência apresentavam atividade da ACCoxidase nas folhas e no caule bem maior do que nas plantas em estágio vegetativo (Min, 1995). Nesse caso, a produção de etileno pela folha também foi maior.

Baseado no fato de que o florescimento do abacaxizeiro pode ser induzido artificialmente pela aplicação de várias substâncias químicas que estimulam a produção e/ou atividade do etileno, hipoteticamente pode-se dizer que a floração natural é desencadeada pelo etileno produzido endogenamente ou por mudanças na suscetibilidade e sensibilidade da planta ao mesmo ou ambos (Min & Bartholomew, 1993).

A exemplo do que acontece com outras culturas, uma taxa de crescimento vegetativo elevada pode inibir ou retardar o florescimento do abacaxizeiro, por reduzir sua sensibilidade aos estímulos florais (Evans, 1959). Parece que, nessa planta, o equilíbrio entre os estádios de vegetação e reprodução (floração) tende para o primeiro. E, desde que a planta tenha alcançado um tamanho adequado para tornar-se suscetível à indução floral, os fatores ambientais que a promovem são aqueles que tendem a retardar a taxa de crescimento vegetativo, como a redução na nutrição, no suprimento de água, na temperatura, no comprimento do dia e na radiação solar (Bartholomew & Kadzimin, 1977).

Quanto mais jovem é a planta, mais lenta é a sua resposta aos fatores (naturais e artificiais) que promovem a floração. Assim, a adubação nitrogenada e a irrigação, por favorecerem o crescimento vegetativo das plantas, podem

contribuir para inibir o florescimento (Py & Guyot, 1970). Reinhardt & Cunha (1982a), porém, não observaram influência alguma da época da última adubação sobre a eficiência da indução artificial da floração. Com relação à irrigação, Bartholomew & Malézieux (1994) indicaram que, inversamente, na medida em que a taxa de crescimento das plantas aumenta em resposta ao suprimento de água, em áreas onde os períodos de seca são prolongados, o florescimento natural é antecipado pelo aumento do tamanho da planta. Resultado semelhante foi observado por Almeida et al. (2000), estudando o efeito da irrigação no ciclo do abacaxizeiro 'Pérola', quando lâminas crescentes de água contribuíram para antecipar a floração e a frutificação, encurtando o ciclo da cultura em 22 dias, permitindo, ainda, maior uniformidade na colheita.

A diferenciação natural do florescimento na cultura do abacaxi ocorre, em geral, entre o final do outono e o início do inverno no ano seguinte ao do plantio; tem sido observada, também, em outras estações, a depender da região. Entretanto, quando as condições ambientais estão mudando (de baixa para alta insolação) ou após um estresse de frio ou, ainda, em seguida a um re-envazamento ou transporte, a floração torna-se imprevisível e irregular (Mekers & De Proft, 1983).

Com relação à ocorrência da floração natural nas diversas regiões produtoras, os índices são bastante variáveis, observando-se, normalmente, entre 5% a 10%. Entretanto, no México, onde tal problema é um dos mais importantes, a depender das condições climáticas esses índices podem alcançar 20% (Rebolledo-Martínez et al., 1997), enquanto que na Austrália, em alguns anos, atinge níveis de 50% a 70% (Scott, 1993). No Brasil, o florescimento precoce tem-se tornado bastante freqüente em todas as regiões produtoras, registrando-se índices de até 80% (Barbosa, 1997). No Recôncavo Baiano, Reinhardt et al. (1986) relataram que a floração natural ocorreu em diferentes épocas do ano e por períodos prolongados, com picos nos meses de março/abril (49,9%), maio/junho (88,9%) e novembro/dezembro (77,4%), com tendência para concentração em meados do ano (Figura 1).

No Havaí, a indução natural tem-se tornado um problema ocasional desde quando a produção de frutos, em todos os meses do ano, passou a ser uma prática comum (Bartholomew, 1996). Condições ambientais favoráveis podem acelerar a taxa de crescimento dos rebentões ainda na planta-mãe, a tal ponto que a incidência de floração natural precoce na safra seguinte pode atingir índices de 50%-70 % (Scott, 1993).

Quanto ao material de plantio, as variações observadas em relação à floração são decorrentes das diferenças no teor de reservas nutricionais e no estado fisiológico dos vários tipos de mudas: o rebentão é mais precoce, a coroa mais tardia, e o filhote tem comportamento intermediário (Reyes, 1997). Giacomelli et al. (1984) observaram que a massa da muda influenciou decisivamente no ciclo da planta, tendo os rebentões de 700-800 g emitido as inflorescências bem mais cedo do que os de 300-400 g.

Esses aspectos levam à conclusão de que o florescimento natural do abacaxizeiro constitui, ainda, um dos principais problemas não solucionados, apesar de todas as pesquisas efetuadas, ocorrendo inesperadamente, mesmo em plantações instaladas para se evitar sua ocorrência.

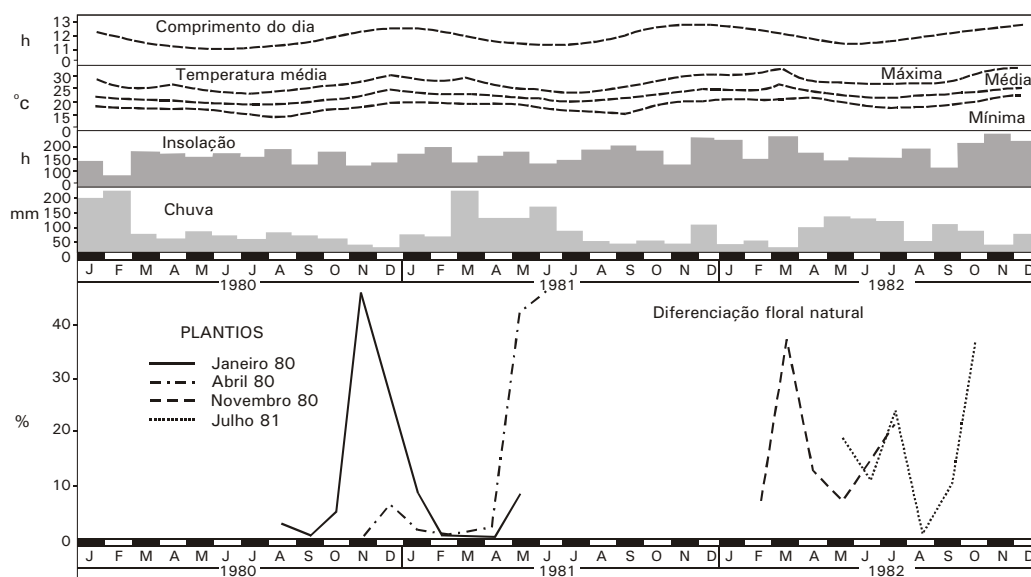


Figura 1. Diferenciação floral natural (%) em abacaxi 'Smooth Cayenne' relacionado a diferentes datas de plantio. Dados climáticos de 1980 a 1982, Cruz das Almas, Bahia, Brazil (Fonte: Reinhardt, 1984).

Controle da floração natural

Nas culturas em geral, a prevenção do florescimento pode ser efetivada de diversos modos: a) interrupção do período noturno com luz; b) aumento de temperatura; c) poda de folhas e ramos; d) corte do suprimento hídrico; e) aplicação de produtos químicos. No caso do abacaxizeiro, a floração natural precoce pode ser controlada ou ter seus efeitos minimizados adotando-se as seguintes medidas: a) plantar mudas que atinjam um porte adequado à floração antes ou no início da época favorável à diferenciação natural; b) usar mudas que ultrapassem a época de indução natural, sem terem atingido um porte suficiente para responder aos estímulos ambientais; c) efetuar um manejo adequado da cultura, a fim de tornar as plantas menos sensíveis aos fatores naturais; d) ou, então, realizar o tratamento de indução artificial para antecipar-se aos estímulos dos fatores climáticos.

Outro meio importante é o uso de plantas menos sensíveis aos estímulos naturais da floração, pois, conforme comentado anteriormente, existem diferenças varietais quanto a essa sensibilidade. Nesse sentido, Botella et al. (2000) estão produzindo abacaxizeiros transgênicos, que carregam cópias senso e antisenso do gene da ACCsintase, enzima relacionada ao etileno e ao florescimento, a fim de reduzir sua expressão e, assim, suprimir a floração natural precoce. O objetivo desse trabalho é obter plantas que não produzam etileno induzidas por um choque térmico (frio), dessa forma inibindo a floração natural. Trabalhos realizados com tomateiros transgênicos e mutantes demonstram essa possibilidade (Hamilton et al., 1990; Klee & Romano, 1994; Lanahan et al., 1994; Bowler & Chua, 1994). Yuri et al. (2002) clonaram um gene ACCsintase de abacaxi (ACACS1), obtido do meristema apical e ativado por condições ambientais, que induz a floração natural. De acordo com esses autores, material contendo ACACS1 com orientação senso para inibir o gene da planta por mecanismos de supressão-senso, já foi obtido.

Na opinião de Bartholomew (1996), pode-se minimizar o florescimento natural dando-se às plantas as melhores condições possíveis de crescimento e plantando-se apenas mudas pequenas e, portanto, menos suscetíveis à indução natural, onde essa é passível de ocorrer.

Em muitas culturas hortícolas, existe a possibilidade de se induzir o florescimento ou de inibi-lo ou, então, retardá-lo, se o mesmo estiver causando uma redução no benefício econômico. A promoção do florescimento é praticada no abacaxizeiro e outras bromeliáceas, enquanto que a inibição ou atraso da iniciação floral é realizada em muitas outras culturas, a exemplo do pêssego, amêndoa e algumas plantas floríferas. Wang (1987) relatou que o atraso na floração em maçã, pêra, ameixa e cereja é benéfico por evitar perdas devido às geadas ocasionais de primavera, o que tem sido conseguido com o uso da aminoetoxivinilglicina (AVG), inibidor da ACC sintase (envolvida na formação do etileno). O primeiro produto usado na prevenção da floração em culturas comerciais foi a hidrazida maleica em cana de açúcar (cujo florescimento reduz drasticamente o rendimento), vindo, posteriormente, o monuron, o diuron e o diquat; com este último conseguiu-se 100% de inibição da floração. O etileno, sob a forma do ácido 2-cloroetilfosfônico, tem sido utilizado na cultura da cana de açúcar, na dose de dois litros do produto comercial por hectare, com o objetivo de evitar o florescimento natural.

A floração natural tem causado muitos problemas à abacaxicultura na Martinica, dificultando a colheita e prejudicando a segunda safra; nas pesquisas conduzidas visando solucionar tal problema, os resultados não foram totalmente satisfatórios; o alto custo do único produto que apresentou algum efeito inibidor (o nitrato de prata) e o número de aplicações (até sete) tornam inviável seu uso prático na atualidade. Outro produto que teve algum efeito inibidor da floração foi a tiouréia, mas apresentou fitotoxicidade. Millar-Watt (1981) já tinha observado que o nitrato de prata a 1.000 mg L⁻¹, aplicado três vezes com intervalos de 30 dias, reduziu a floração natural para 27%, contra 57% na testemunha. O mesmo aconteceu quando aplicado poucas horas antes da indução artificial com o etephon (Sanford & Bartholomew, 1981).

Estudos preliminares realizados por Cunha (1989b) mostraram a viabilidade do uso de reguladores vegetais na inibição do florescimento do abacaxizeiro, tendo o ANA (400 mg L⁻¹) proporcionado o melhor resultado, apenas 5% a 13% de floração (induzida com carbureto de cálcio), talvez por atuar competitivamente, reduzindo o nível da auxina natural no meristema apical (Castro, 1986). O ANA, em altas concentrações e várias aplicações, inibiu o florescimento do abacaxizeiro (Millar-Watt, 1981 e Sampaio et al., 1998), o mesmo tendo sido observado em *Aechmea victoriana* (Mekers & De Proft, 1983).

Scott (1993) conseguiu reduzir a ocorrência do florescimento precoce, de 48,5% para 8,2%, com o uso do ácido 2-(3-clorofenoxi) propiônico (50 mg L⁻¹), e de 55,2% para 28,5%, com o paclobutrazol (160 mg L⁻¹). Rebolledo-Martínez et al. (1997), usando o mesmo ácido (100 mg L⁻¹), em três aplicações, com intervalos de 15 dias, relataram que a floração precoce foi inibida em 76% e 82% em plantios de abacaxi 'Smooth Cayenne' com 33 e 46 mil plantas ha⁻¹, respectivamente; nos tratamentos testemunhas, a floração foi de 95%, na menor densidade, e de 82%, na maior. O melhor resultado observado na maior densidade deveu-se, provavelmente, ao menor ritmo de crescimento das plantas, resultante da maior competição entre elas. Segundo Rebolledo-Martínez et al. (2000), as plantas mais jovens são mais sensíveis à inibição da floração.

Existem evidências de que o papel do paclobutrazol, reduzindo o crescimento vegetativo e o alongamento do caule em várias plantas, é devido à interrupção na síntese de giberelina, por inibir a oxidação do kaurene a ácido kaurenóico, cuja translocação ocorre através do xilema (Lever, 1986;). Quando pulverizado sobre as folhas, a parte mais ativa é a que se deposita na gema apical ou nos tecidos tenros situados logo abaixo da gema. A queda na taxa de giberelina no meristema sub-apical, resulta no fim do crescimento vegetativo, provocando o desenvolvimento reprodutivo e a floração. O paclobutrazol, além de atrasar o crescimento das plantas, contribui para o desenvolvimento reprodutivo, formação de gemas, produção e crescimento de frutos, com reflexos na produtividade de árvores frutíferas. Estudando os efeitos do meio ambiente sobre o crescimento, florescimento e frutificação do abacaxizeiro, Bartholomew & Min (1996) observaram que o paclobutrazol e o uniconazole atrasaram ou inibiram o florescimento e inibiram a produção de etileno pelo tecido basal aclorofilado da folha, um a dois meses após o tratamento, podendo ser um dos fatores responsáveis pelo atraso na floração. De acordo com esses autores, sob condições controladas de cultivo (plantas em vasos), os produtos uniconazole, paclobutrazol e o ácido 2-(3-clorofenoxi) propiônico inibiram, de modo consistente, o florescimento natural, sendo os dois primeiros mais eficientes; porém, a inibição do crescimento vegetativo constituiu um efeito colateral de conseqüências ainda desconhecidas.

Sampaio et al. (1997) relataram que a adubação nitrogenada complementar, via uréia foliar, não afetou a floração natural do abacaxizeiro. Barbosa et al. (1998) observaram que o paclobutrazol foi o único produto a mostrar efeito significativo, quando aplicado em junho, inibindo, na concentração de 100 mg L⁻¹, até 82,8% da floração em plantas de abacaxi 'Pérola'. O ácido 2-(3-clorofenoxi) propiônico demonstrou potencial de inibição, mas provocou algumas anomalias morfológicas nas plantas (torção da roseta foliar e formação de raízes adventícias nas folhas, a partir dos feixes vasculares), enquanto a uréia e o cloreto de mepiquat não tiveram efeito inibidor. Rabie et al. (2000) afirmam que produtos à base do ácido 2-(3-clorofenoxi) propiônico podem inibir, com sucesso, o florescimento de abacaxizeiros dos grupos 'Smooth Cayenne' e 'Queen', sem apresentar efeitos adversos na planta, a não ser uma pequena redução no crescimento do rebentão. Esses autores obtiveram inibições do florescimento de até 91%. Tanto o ácido 2-(3-clorofenoxi) propiônico quanto o paclobutrazol, em concentrações variando de 90 a 240 mg L⁻¹, inibiram de modo significativo a floração natural do abacaxizeiro 'Pérola', com índices variando, respectivamente, de 90,9% a 94,4% e de 67,9% a 78,5% (Cunha, 2001; Cunha et al., 2002), devido, possivelmente, à redução do crescimento vegetativo da planta, haja vista que os referidos produtos reduziram o comprimento da folha "D". Scott (1993) atribuiu a inibição da floração do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' à redução da massa vegetal da planta, mais do que a uma interferência direta do ácido 2-(3-clorofenoxi) propiônico no processo de diferenciação floral. Min (1995) relacionou o efeito do ácido 2-(3-clorofenoxi) propiônico como inibidor da floração do abacaxizeiro, contraditoriamente, ao fato do mesmo atuar, pelo menos em parte, como uma auxina, favorecendo a produção de etileno pelo caule da planta. Isso porque, analisando os teores de etileno, do ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC, precursor imediato do etileno) e do ácido 1-(malonilamino) ciclopropano-1-carboxílico (MACC) em tecidos de plantas tratadas com o ácido 2-(3-clorofenoxi) propiônico, o autor observou um aumento da produção de etileno, concluindo que o mecanismo pelo qual o ácido 2-(3-clorofenoxi) propiônico inibe o florescimento precisa ser mais pesquisado.

Taniguchi (1999) observou que o tebuconazole e o propaconazole, do grupo dos triazoles, com ação fungicida e eficientes no controle da *Chalara paradoxa*, inibiram a floração natural do abacaxizeiro. Esses produtos são ativos em baixa concentração e não são fitotóxicos. Grossman et al. (1989) observaram uma redução de 70% na produção de etileno em cevada e *Brassica napus*, após cinco horas, quando tratadas com inibidores de crescimento. Essa diminuição foi acompanhada pelo aumento ou pela manutenção de níveis constantes de ACC e MACC, sugerindo a inibição da conversão do ACC a etileno. Min (1995) é de opinião que o modo de atuação das auxinas, como inibidoras da floração, quando aplicadas em altas concentrações, ainda não é conhecido.

FLORAÇÃO ARTIFICIAL DO ABACAXIZEIRO

Histórico e Vantagens

A indução floral do abacaxizeiro com substâncias químicas, reguladores de crescimento ou fitoreguladores, há bastante tempo vem sendo amplamente usada. Isso porque o abacaxizeiro responde muito bem a esse tipo de prática, o que é descrito por diversos autores (Dass et al., 1975; Cooke & Randall, 1968; Guyot & Py, 1970; Bondad, 1973; Onaha et al., 1983). O tratamento artificial da floração apresenta vantagens tecnológicas e econômico-sociais, permitindo maior eficiência no uso dos fatores de produção inerentes à cultura.

A indução artificial do florescimento do abacaxizeiro apresenta as seguintes vantagens: a) maior eficiência no emprego dos fatores de produção, inclusive uso racional da terra; b) uniformização da frutificação e concentração da colheita, com redução de seu custo; c) fornecimento regular e constante de frutos para a indústria e mercado "in natura",

sem afetar a qualidade dos mesmos e em épocas mais favoráveis comercialmente; d) facilidade no controle fitossanitário de determinadas pragas e doenças, fazendo a floração coincidir com períodos de menor potencial de inóculo; e) controle do peso e tamanho do fruto, de acordo com as exigências do mercado consumidor; f) aumento do rendimento da cultura, pelo maior número de frutos colhidos; g) melhor distribuição de mão de obra e facilidade na administração da propriedade; h) possibilidade de exploração de uma segunda safra ou soca (Cunha et al., 1994). Entretanto, alguns problemas podem ocorrer em função da má aplicação dos indutores florais: frutos pequenos com coroas grandes; alongamento do pedúnculo; tombamento de frutos; redução do número de mudas por planta; danos e deformações nos frutos (muito arredondados ou cônicos). Todos eles reduzem drasticamente o rendimento e a rentabilidade da cultura.

Antecipar e uniformizar o florescimento do abacaxizeiro sempre foi um desafio para reduzir o custo de produção dessa cultura, haja vista o período relativamente dilatado, de mais de 15 meses, que a planta requer para iniciar a diferenciação floral e sua desuniformidade na plantação, fazendo com que a colheita prolongue-se por até dez a 12 meses. A fumaça foi a primeira substância usada na indução artificial da floração na cultura do abacaxi, o que deve ter ocorrido por volta do século XIX (1885), nos Açores, tendo sido uma descoberta casual. Porém, apenas na década de 1920 descobriu-se que o agente da fumaça que provocava o florescimento era o gás etileno (C_2H_4), um hidrocarboneto insaturado (Rodrigues, 1932). Desde então, muitos trabalhos têm sido realizados, chegando-se à descoberta de diversas outras substâncias com essa capacidade de indução floral, tais como auxinas e compostos similares (Dass et al., 1975; Randhawa et al., 1970; Soler, 1985). A partir da década de 30, passou-se a usar o etileno diretamente na indução floral do abacaxizeiro, bem como o acetileno. Nos anos 40, demonstrou-se que as auxinas também podiam causar o florescimento do abacaxizeiro, passando-se, então, a usar o ácido alfanaftaleno acético. Outros processos fisiológicos podem ser também influenciados pelo emprego de reguladores de crescimento.

Com base nessas descobertas e no reconhecimento do etileno como um importante regulador de crescimento das plantas, principalmente como estimulador do processo de maturação dos frutos, admite-se que a floração do abacaxizeiro está muito relacionada a essa substância. Entretanto, apesar de provocar muitas respostas fisiológicas nas plantas, o modo de atuação do etileno nesses processos e na floração natural do abacaxizeiro e de outras bromeliáceas ainda não está plenamente conhecido. Burg & Burg (1966) não observaram etileno em abacaxizeiros cultivados em vasos, com oito meses de idade. Segundo Botella et al. (2000), o etileno é responsável pela floração natural do abacaxizeiro devido a que as baixas temperaturas estimulam sua biossíntese, regulada pela enzima ACC sintase.

Substâncias usadas e modos de atuação

Após muitos anos de pesquisa, vários reguladores vegetais foram identificados como eficientes no desencadeamento do florescimento do abacaxizeiro. Desses, os mais comuns e que podem ser usados comercialmente são os ácidos alfanaftaleno acético (ANA), betanaftaleno acético (BNA), indolbutírico (AIB), 2,4-diclorofenóxiacético (2,4-D), succínico, 2-cloroetilfosfônico (etephon) e, ainda, os gases etileno (C_2H_4) e acetileno (C_2H_2), o carbureto de cálcio (CaC_2), a hidroxietilhidrazina (HOH) e a betahidroxietilhidrazina (BOH). Entretanto, apenas alguns poucos são usados, a exemplo do etileno, acetileno, carbureto de cálcio e etephon. No Brasil, o mais comum é o carbureto de cálcio (precursor do acetileno), talvez por ser mais barato e de fácil manejo, mas, a partir da década de 1970, o etephon (precursor do etileno) teve seu uso bastante difundido. Cooke & Randall (1968) recomendaram o etephon como agente da floração na cultura do abacaxi, apesar de sua eficiência poder ser modificada por alguns fatores externos, conforme sugerido por Py & Guyot (1970), ao indicarem que a chuva e a temperatura alta podem exercer uma ação negativa sobre o referido produto.

Acredita-se que os reguladores vegetais atuam promovendo o aumento do teor de etileno no interior da planta, mais precisamente na zona meristemática (Burg & Burg, 1966), onde a absorção dos produtos é mais rápida, devido à maior atividade celular nessa área, o que torna o ápice caulinar mais sensível aos efeitos da auxina endógena. Antes de poder exercer sua ação, o etileno tem de ser biossintetizado pela planta ou ser suprido exogenamente (Yang, 1987). Como em relação a outros hormônios, pensa-se que o etileno liga-se a uma molécula receptora, formando um complexo ativado que, por sua vez, inicia uma série de reações, incluindo modificações na expressão de genes, ocasionando, assim, uma ampla variedade de respostas fisiológicas. Ainda segundo Yang (1987), as respostas das plantas ao etileno podem ser modificadas, controlando-se ou regulando-se o nível desse produto nos tecidos pela: 1) adição ou remoção; 2) pelo estímulo ou inibição da biossíntese do mesmo nos referidos tecidos; 3) modificando-se a ligação ou a quantidade do receptor com o qual ele interage; e 4) manipulando-se a expressão do gene dependente dele. Bioquimicamente, a produção de etileno é controlada pela concentração do ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), pela atividade da enzima formadora de etileno ACCoxidase (Kende, 1993), e pela ACCsintase, que é o fator primário que limita a produção do ACC (Min & Bartholomew, 1993).

quando a planta está em fase de crescimento ativo e rápido.

Levando-se em conta que a diferenciação floral do abacaxizeiro é uma resposta fisiológica à elevação do teor de etileno no meristema apical e que o etephon, ao se decompor, libera etileno (Burg & Burg, 1966), deve-se considerar a importância que as modificações na sua concentração e a intensidade dos fatores que influenciam sua decomposição exercem sobre a ação indutora desse produto. Inicialmente, citam-se aqueles que afetam a concentração do produto antes da sua absorção pela planta, tais como o método de aplicação, que interfere diretamente na interceptação do produto pela planta; a chuva, que dilui ou arrasta a solução depositada sobre as folhas (Py & Guyot, 1970); a temperatura alta, causando a decomposição cinética do produto, com perda do etileno; o vento, que arrasta as gotículas antes de serem absorvidas pela planta; e a radiação solar, apesar de que em menor escala, já que o produto é tido como relativamente estável na presença da luz. Lopez de Vélez & Cunha (1983) esquematizaram a influência desses diversos fatores (Figura 2).

Diversos estudos têm demonstrado efeitos drásticos do pH da solução indutora, local de aplicação e condições ambientais (temperatura, umidade relativa) na absorção, translocação e decomposição do etileno na planta (Turnbull et al., 1993).

López de Vélez & Cunha (1983) idealizaram uma curva hipotética de ação de coadjuvantes sobre a atuação do etephon, na qual a fase inicial indica concentrações que não conseguem desencadear o processo de diferenciação floral (talvez por serem muito baixas); a segunda fase corresponde à faixa onde é possível influenciar a ação indutora com a elevação do pH e adição de uréia à solução; na fase seguinte, torna-se praticamente dispensável o uso de coadjuvantes, devido ao aumento efêmero da eficiência do etephon; a última fase é caracterizada por uma faixa de concentração em que a eficiência do referido produto quase não se altera com o uso de coadjuvantes (Figura 3).

Quando o produto entra em contato com as folhas, defronta-se com fatores que dificultam sua absorção, especialmente a barreira física das camadas cuticulares, celulósicas e cerosas e dos tricomas abundantes. Tais obstáculos exercem um papel de grande relevância, porque o processo de absorção/diluição através da cutícula é bem mais importante que a penetração pelos ostíolos dos estômatos, que estão, em geral, cheios com vapor d'água ou gases. A maior absorção do etileno pelo abacaxizeiro ocorre através da superfície inferior da folha, na parte basal aclorofilada (Turnbull et al., 1993), daí porque esses autores consideram importante que a aplicação do indutor seja dirigida ao centro da roseta foliar. Com essa prática haverá o acúmulo da solução nas axilas das folhas, permitindo, assim, um maior tempo de contato do produto com a epiderme abaxial perto do ápice caulinar. Entrando na corrente citoplasmática, os fatores que influenciam a velocidade de decomposição do etephon adquirem grande importância, dentre os quais destaca-se o pH do citoplasma. A maior taxa de liberação do etileno em solução aquosa ocorre na faixa de pH entre 5,0 e 7,0. Em solução, a liberação do etephon aumenta linearmente até o pH 9,0 (valor máximo testado), enquanto no tecido, a taxa de liberação quase duplicou com a elevação do valor do pH de 4,0 para 6,0. A velocidade de decomposição do etephon depende da fração que está na forma de dianion, encontrando-se essencialmente nesse estado em pH 9,0.

A resposta da planta ao uso de indutores florais é muito rápida, tendo sido demonstrado que aos quatro dias após a aplicação do produto já se pode observar o início da diferenciação, por meio de um corte longitudinal do ápice caulinar, conforme comentado anteriormente. Nota-se, na referida zona, um intumescimento do meristema apical, com aumento do diâmetro da área meristemática, que cessa de produzir primórdios foliares, como ocorre no estágio vegetativo, formando, então, a inflorescência (Kerns et al., 1936). Tal fato pode ser confirmado, também, arrancando-se uma das folhas centrais da roseta foliar e observando-se a sua base. Se estiver avermelhada, é sinal de que a floração já foi desencadeada. Dependendo das condições ambientais, a partir de 40-50 dias depois do tratamento de indução, nota-se o surgimento da inflorescência no centro da roseta foliar. O primeiro sinal da transformação do meristema em primórdio floral é o aumento da atividade mitótica das células imediatamente abaixo da zona central ou parte mais apical (distal) do meristema vegetativo.

Do mesmo modo como acontece no florescimento natural, a resposta ao tratamento de indução artificial varia de acordo com o ambiente, o tipo de muda, seu vigor e taxa de crescimento. Os rebentões são induzidos à floração mais facilmente que os filhotes e as coroas. Esse fato foi comprovado num teste de indução precoce de mudas de diversos tamanhos (20 a 47 cm), da cv. Pérola, tendo sido observada uma graduação na suscetibilidade à floração, com as mudas maiores sendo mais sensíveis (Cunha, 1989b).

Atualmente, estão sendo procuradas novas alternativas de produtos para o tratamento de indução artificial da floração do abacaxizeiro, considerando-se a demanda por produtos oriundos de cultivo orgânico e de produção integrada de frutas. Como exemplos, podem ser citadas a fumaça, água gelada e gelo.

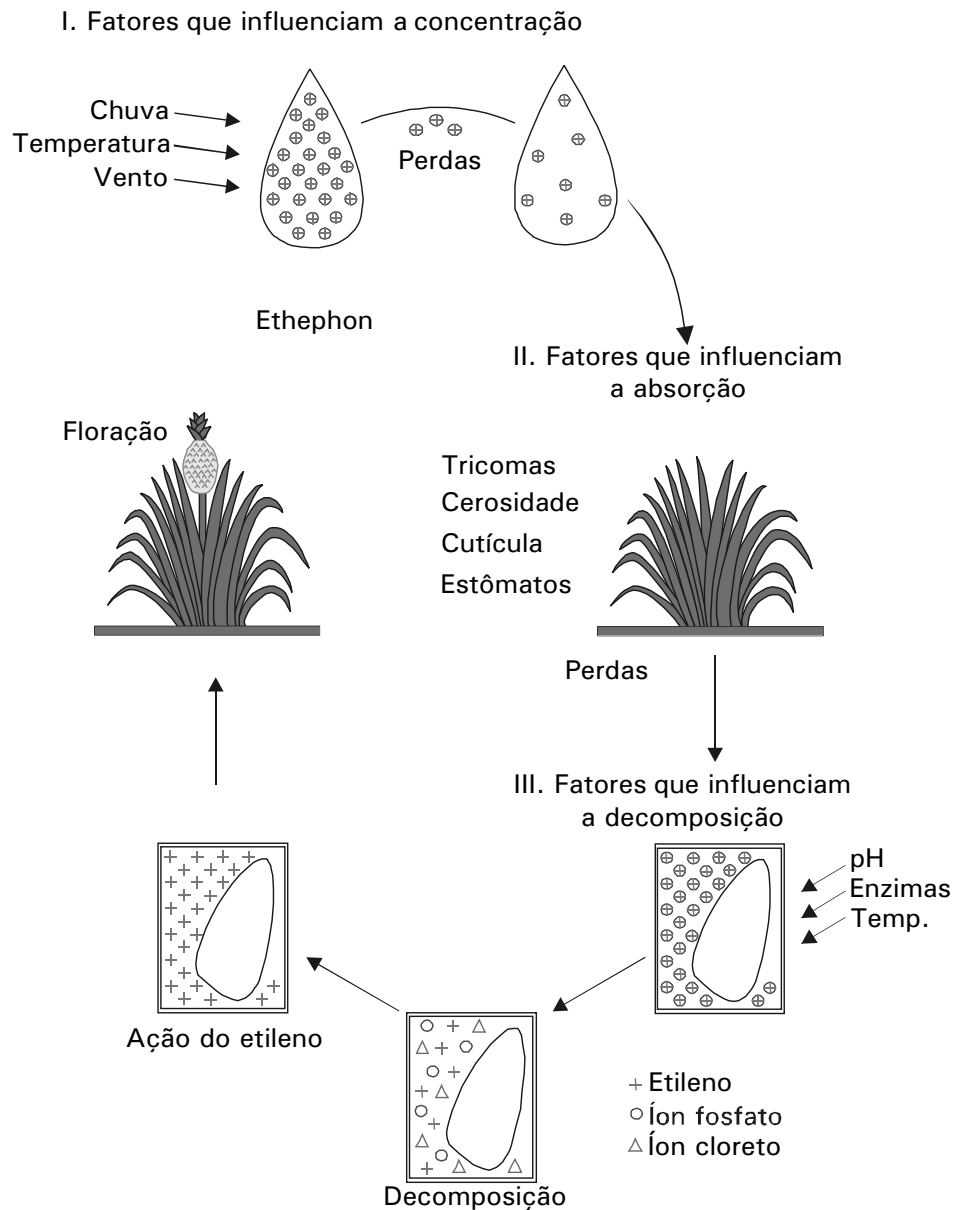


Figura 2. Representação esquemática de fatores que influenciam a eficiência do ethephon como indutor floral do abacaxizeiro (Fonte: López de Vélez & Cunha, 1983).

Modos de aplicação dos indutores florais

Os indutores florais diferem quanto ao modo de aplicação e eficiência, sendo que o carbureto de cálcio, o acetileno e o 2,4-D são aplicados no centro da roseta foliar; o etileno e o BNA em pulverização sobre as plantas, enquanto que o ethephon, o ANA e o BOH tanto podem ser aplicados no centro da roseta foliar, como em pulverização total da planta. O ANA é mais eficiente quando aplicado próximo do período de diferenciação natural (Gowing, 1961; Das, 1964), o que se observa com o tratamento de indução artificial em geral. O carbureto de cálcio (precursor do acetileno) pode ser aplicado sob a forma sólida (granulado ou pó, 0,5-1,0 g planta⁻¹) em períodos chuvosos, ou líquida (30-50 mL planta⁻¹, de uma solução preparada com base em uma mistura de 350-400 g de CaC₂ por 100 litros de água fria e limpa) em épocas secas. Quando aplicado adequadamente, o CaC₂ pode alcançar uma eficiência de 100 % (Singh & Rameshwar, 1974).

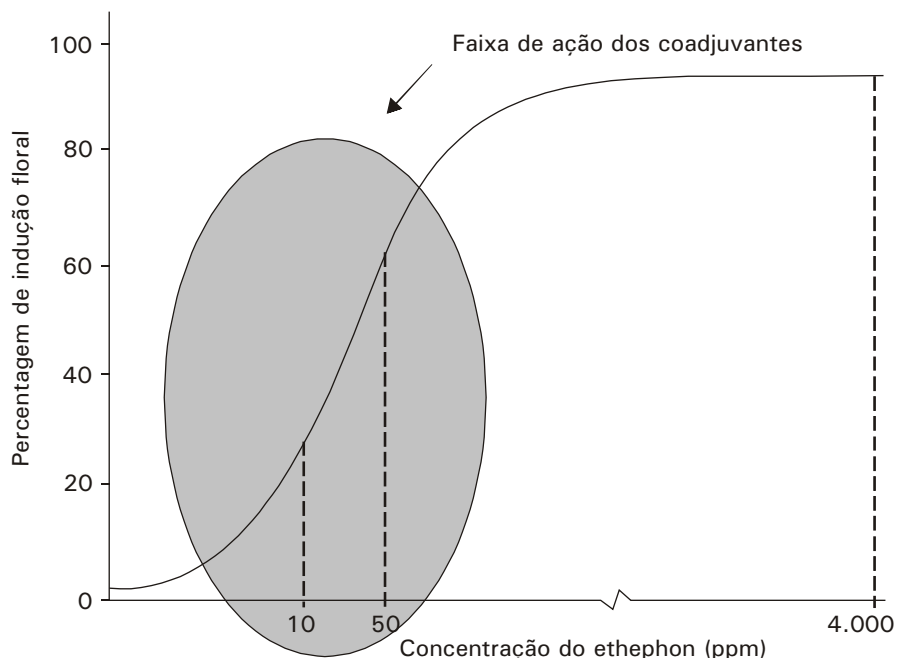


Figura 3. Modelo hipotético da ação de produtos coadjuvantes na performance do ethephon, no processo de diferenciação floral do abacaxizeiro (Fonte: López de Vélez & Cunha, 1983).

Com relação ao ethephon, a concentração realmente recomendada é a de um a quatro litros do produto comercial para 1000 litros de água, o que corresponde a concentrações de até 4.000 mgL⁻¹. A diminuição da acidez da solução indutora para um pH 8,0 ou 10,0 aumenta bastante sua eficiência, possibilitando o uso de menor quantidade do produto, pois, como já foi visto, a liberação do etileno, do qual o ethephon é precursor, torna-se facilitada em meio alcalino (Dass et al., 1975; López de Vélez & Cunha, 1983), para o que podem ser usadas algumas substâncias alcalinizantes, a exemplo do CaCO₃ (carbonato de cálcio), Na₂(CO₃) (carbonato de sódio) e Ca(OH)₂ (hidróxido de cálcio). Cunha (1989a) obteve ótimos resultados adicionando 35 g de Ca(OH)₂ a 100 litros da solução, elevando o pH para 10,0. Nesse caso, a concentração recomendada pode ser reduzida para 25 a 100 mg L⁻¹, aplicando-se de 30 a 50 mL da solução por planta, o que resulta em mais de 90 % de eficiência na indução da floração. A adição de uréia (2%-3%), 2-3 kg 100⁻¹ litros da solução, aumenta ainda mais a eficiência da indução artificial (Fahl et al., 1981; Reinhardt & Cunha, 1982). O ethephon a 25 mg L⁻¹ + CaCO₃ (0,04 %) + uréia (2%) aumentou a porcentagem de florescimento e reduziu o tempo de emersão da inflorescência e de maturação do fruto do abacaxizeiro 'Kew'.

O gás etileno também pode ser aplicado diretamente para induzir a floração do abacaxizeiro, sendo preferido em plantios mecanizados por apresentar eficiência comprovada e pelos seus efeitos benéficos sobre a inflorescência, qualidade do fruto e produção de mudas (Py & Silvy, 1954). Porém, seu uso é restrito, por tratar-se de uma substância gasosa e necessitar de equipamento específico para aplicação, sendo, assim, viável apenas em plantios mecanizados. Essa operação consiste na pulverização total das plantas com uma solução saturada desse gás, obtida pela injeção, sob pressão, do etileno proveniente de um cilindro apropriado, em um tanque contendo água fria. A quantidade de etileno indicada por Dericke (1974) é de 800 g ha⁻¹ por aplicação, sendo o volume de água (6.000 a 8.000 litros) e a distribuição homogênea sobre as plantas muito importantes. Para facilitar a difusão desse gás na água e, portanto, sua eficiência, recomenda-se adicionar um coadjuvante à solução, podendo ser carvão ativado (0,5% a 1,0%) ou bentonita (1,0%).

A hora de aplicação do regulador vegetal é muito importante, devendo ser efetuada preferentemente à noite, das 20:00 às 05:00 horas da manhã, ou então, em dias nublados (Aldrich & Nakasone, 1975; Abutiante, 1977; Cunha & Reinhardt, 1986). A maior eficiência observada nas aplicações noturnas pode ser o resultado de uma maior concentração do etileno nos tecidos da planta nessas condições e/ou melhor absorção do produto aplicado, levando-se em conta que o abacaxizeiro é uma planta que apresenta, alternativamente, o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), caracterizado, portanto, pela assimilação de CO₂ e abertura estomática predominantemente noturnas. É importante que os estômatos permaneçam abertos por um período de quatro a seis horas após a aplicação do indutor

(Glennie, 1979). Turnbull et al. (1993) recomendaram que as pulverizações com os indutores florais sejam feitas com alto volume, a partir do final da tarde, evitando-se dias quentes para se reduzir falhas na floração artificial.

A temperatura ambiente durante a aplicação dos produtos é, também, muito importante, não devendo ser superior a 26-28 °C. Segundo Glennie (1979), a alta temperatura diurna provoca uma descarboxilação intensa, elevando bastante o nível de CO₂, que é um potente inibidor do etileno, contribuindo, assim, para inibir a floração ou reduzir a eficiência da indução artificial.

Alguns produtos requerem a repetição da aplicação, a fim de obter-se uma maior eficiência, o que geralmente é feito dois a três dias subsequentes à primeira aplicação, como é o caso do etileno e do ANA. Porém, quanto ao ethephon, essa repetição é desnecessária, a não ser que chova até seis horas após sua aplicação, o mesmo valendo para o carbureto de cálcio.

Considerando que essas substâncias, quando usadas como indutoras, apenas iniciam o processo de floração, mas não têm efeito sobre a duração da fase reprodutiva, a sua aplicação deve ser planejada de acordo com a época que se deseja efetuar a colheita, isso é, geralmente com cinco a dez meses de antecedência, a depender da região ecológica (Cunha et al., 1994).

Logicamente, a indução floral artificial deve ser realizada antes da época provável ou favorável à floração natural, a não ser naqueles casos cuja finalidade é a uniformização do florescimento já iniciado e que, por algum motivo, ocorreu de modo irregular. Nessas situações pode-se usar os indutores com menores concentrações.

Sabendo-se que existe uma correlação positiva (linear) entre o tamanho/peso da planta e o peso do fruto para uma determinada região (Chan & Lee, 2000), a indução de plantas pequenas ou imaturas pode reduzir consideravelmente o rendimento da cultura. Isso porque, devido à pequena área foliar, pequenos frutos serão produzidos, o que prejudicará, também, a segunda produção, caso pretenda-se explorar a soca. Segundo Chan & Lee (2000), em trabalhos de melhoramento genético deve-se atentar para as progênies que tenham a capacidade de produzir frutos de valor comercial mesmo com uma pequena massa vegetal. No entanto, parece que a suscetibilidade do abacaxizeiro à indução floral está relacionada à condição fisiológica da planta e não apenas à sua idade cronológica ou tamanho (Min, 1995), apesar de Burg & Burg (1966) não terem encontrado correlação entre a produção de etileno e o tamanho da planta.

Por outro lado, sabe-se que uma planta em fase de crescimento ativo não responde satisfatoriamente ao tratamento de indução artificial, o mesmo ocorrendo quando as condições ambientais são adversas à floração, a exemplo de um estresse hídrico severo, que paralisa o crescimento da planta, ou após um período muito seco alternado com um chuvoso, devido à retomada de crescimento da planta (Bartholomew & Kadzimin, 1977). Esses casos podem requerer uma maior dosagem dos produtos. Todavia, deve-se evitar o uso de doses muito elevadas dos reguladores vegetais, a fim de que não ocorram alterações fisiológicas na planta ou prejudiquem a qualidade do fruto. Geralmente, o tratamento de indução floral pode ser efetuado quando o abacaxizeiro atingir sete a 15 meses após o plantio, a depender da cultivar, do manejo da cultura e da região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A FLORAÇÃO DO ABACAXIZEIRO

Conforme se depreende pelo que foi apresentado, a floração na cultura do abacaxi assume aspecto relevante, pois uma irregularidade na mesma pode trazer conseqüências danosas ao seu cultivo. Afirma-se inclusive que, sem o domínio dessa técnica cultural, seria difícil pensar-se na exploração econômica dessa frutífera e que devido a esse fato é que os agricultores a cultivam.

Foi abordado o envolvimento de diversos fatores na floração do abacaxizeiro, muitos dos quais determinam o sucesso da indução artificial. Assim é que, após um prolongado período de seca ou durante uma fase de crescimento ativo da planta ou de altas temperaturas, o abacaxizeiro não responde de modo satisfatório à aplicação dos produtos florígenos. Por outro lado, diz-se que após um determinado período do seu ciclo vegetativo, dificilmente o abacaxizeiro responderá aos estímulos do meio ambiente, a não ser ao encurtamento dos dias.

Dentre outros fatores, o peso do fruto do abacaxizeiro depende, especialmente, do estado nutricional e estágio de crescimento alcançado pela planta quando da diferenciação floral.

O tratamento de indução da floração do abacaxizeiro é, assim, uma prática cultural imprescindível, sendo que do seu êxito depende a rentabilidade dessa cultura. Outrossim, a escolha do fitorregulador (indutor) e do método de aplicação, não dependem apenas da sua economicidade e praticidade, mas também da sua eficiência. A penetração dos produtos é mais rápida, próximo do ápice caulinar, devido à sua maior atividade celular, daí porque a maior eficiência quando a aplicação é feita na roseta foliar. Havendo, no entanto, uma falha de aplicação ou uma irregularidade na resposta das plantas ao tratamento, recomenda-se a repetição da indução individual das plantas que

não emitiram a inflorescência, até uns dois meses após a primeira aplicação. O tratamento da indução floral será mais eficiente se as aplicações forem efetuadas à noite.

No entanto, do mesmo modo que agem como estimulantes florais, alguns fitorreguladores atuam, também, como inibidores do florescimento do abacaxizeiro, sendo citados o ANA e o ácido succínico, quando aplicados em concentrações altas, bem como o ácido 2-(3-clorofenoxi) propiônico e o paclobutrazol. Estudos nessa área estão se tornando, cada vez mais, necessários, haja vista o aumento freqüente da floração natural precoce nas diversas regiões produtoras de abacaxi no mundo, causando sérios prejuízos à cultura.

REFERÊNCIAS

ABUTIATE, W.S. The effects of concentration and periods of day application of calcium carbide on the flower induction of *Ananas comosus* (L.) Merr. Cultivar Smooth Cayenne in Ghana. **Acta Horticulturae**, Holanda, n. 53, p. 273-278, 1977.

AHMED, F.; BORA, P.C. Physico-chemical changes during flower bud differentiation in pineapple (*Ananas comosus*, L. Merr.). **Indian Journal of Plant Physiology**, v. 30, n. 2, p. 189-193. 1987.

ALDRICH, W.W. ; NAKASONE, H.Y. Day versus night application of calcium carbide for flower induction in pineapple. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Baltimore, v. 100, n. 4, p. 410-415, jul, 1975.

ALMEIDA, O. de A.; SOUZA, L.F. da S.; REINHARDT, D.H.; CALDAS, R.C. Influência da irrigação no ciclo do abacaxizeiro 'Pérola' em área de Tabuleiro Costeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16, 2000, Fortaleza. **Resumos...**, Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. v. único, p. 14.

BARBOSA, N.M.L. **Efeito de fitorreguladores e da adubação nitrogenada no controle do florescimento natural precoce do abacaxizeiro**. 1997. 59 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia). Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

BARBOSA, N.M.L.; CUNHA, G.A.P. da; REINHARDT, H.D.; BARROS, P.G. Controle da floração natural do abacaxizeiro 'Pérola' com uréia e reguladores de crescimento, no Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 20, n. 3, p. 359-366, dez, 1998.

BARTHOLOMEW, D.P. Natural flowering. **Pineapple News**, Honolulu, v. 2, n. 1, p. 1-2, mar, 1996.

BARTHOLOMEW, D.P.; KADZIMIN, S.B. Pineapple. In: ALVIM, P. de T.; KOZLOWSKI, T.T. **Ecophysiology of Tropical Crops**. New York: Academic Press, 1977. p.113-156.

BARTHOLOMEW, D.P.; MALÉZIEUX, E. Pineapple. In: SCHAEFFER, B.; ANDERSON, P. **Environmental physiology of fruit crops**. Boca Raton: CRC Press, **Vol. II. Sub-tropical and tropical crops**. 1994. p. 243-291.

BARTHOLOMEW, D.P.; MIN, X.I. Effects of environment on the growth, flowering, and fruiting of pineapple. **Pineapple News**, Honolulu, v. 2, n. 1, p. 21-23, mar, 1996.

BERNIER, G.; HAVELANGE, A.; HOUSSA, C.; PETITJEAN, A.; LEJEUNE, P. Physiological signals that induce flowering. **The Plant Cell**, v. 5, p. 1147-1155, out, 1993.

BERNIER, G.; KINET, J.-M.; SACHS, R.M. **The physiology of flowering**. Boca Raton: CRC Press. **Vol. I. Chapter 9. The initiation of flowers**. 1981a.

- BONDAD, N.D. Effect of ethephon on flowering, fruiting and slip production of 'Smooth Cayenne' pineapple. **Philippines Geographic Journal**. Manila, v. 17, p. 1-10, 1973.
- BOTELLA, J.R.; CAVALLARO, A.S.; CAZZONELLI, C.I. Towards the production of transgenic pineapple to control flowering and ripening. **Acta Horticulturae**, Holanda, n. 529, p. 115-120, mai, 2000.
- BOWLER, C. ; CHUA, N.H. Emerging themes of plant signal transduction. **The Plant Cell**, v. 6, p. 1529-1541, 1994.
- BURG, S.P.; BURG, E.A. Auxin-induced ethylene formation and its relation to flowering in the pineapple. **Science**, v. 152, n. 3726, p. 1269, mai, 1966.
- CASTRO, P.R.C. Fitorreguladores. In: REUNIÃO TÉCNICA DE FISILOGISTAS DO SISTEMA COOPERATIVO DE PESQUISAAGROPECUÁRIA, 1, 1986, Cruz das Almas. Embrapa-CNPMF, ago, 1986. 12 p.
- CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132 p.
- CHAN, Y.K.; LEE, H.K. Breeding for early fruiting in pineapple. **Acta Horticulturae**, Holanda, n. 529, p.139-143, mai, 2000.
- COOKE, A.R. & RANDALL, D.I. 2-haloethanephosphonic acids as ethylene releasing agents for the induction of flowering in pineapples. **Nature**, Londres, v. 218, n. 5145, p. 974-975, jun, 1968.
- CUNHA, G.A.P. da. Eficiência do ethephon, em mistura com hidróxido de cálcio e uréia, na floração do abacaxi. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 1, n. 1, p. 51-54, 1989a.
- CUNHA, G.A.P. da. Teste preliminar sobre o controle da floração natural do abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 11, n. 3, p. 59-62, 1989b.
- CUNHA, G.A.P. Reguladores de crescimento na inibição da floração do abacaxizeiro cv. Pérola. 2001. 120 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia). UFC, Fortaleza.
- CUNHA, G.A.P. da. Relationship among growth regulators and flowering, yield, leaf mass, slip production and harvesting of 'Pérola' pineapple. **Acta Horticulturae**, Bélgica, n. 666, p. 149-160, jan. 2005.
- CUNHA, G.A.P. da; COSTA, J.T.A.; REINHARDT, D.H.R. Alterações na massa foliar, produção de mudas, rendimento e colheita do abacaxizeiro 'Pérola' causadas por reguladores de crescimento. **MAGISTRA**, Cruz das Almas, v. 14, n. 2, p. 97-105, 2002.
- CUNHA, G.A.P. da; MATOS, A.P. de; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L. F. da S.; SANCHES, N.F.; REINHARDT, D.H.R.C. **Abacaxi para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: Embrapa/SPI, 1994, 41 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 11).
- CUNHA, G.A.P. da; REINHARDT, D.H.R.C. Hora de aplicação de fitorreguladores para a indução da floração do abacaxi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8, 1986. Brasília, v. 1, p. 37-40, 1986.
- CUNHA, G.A.P. da; REINHARDT, D.H.R.C.; CALDAS, R.C. Efeito da época de plantio, tamanho da muda e idade da planta na indução floral sobre o rendimento do abacaxizeiro 'Pérola' na Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 15, n. 3, p. 43-50, dez, 1993.

- DALLDORF, D.B. Flower induction of pineapples. **Farming in South Africa**, Pretoria, v. 6, n. 3, p. 3-8, 1979.
- DAS BISWAS, S.; DHUA, R.S.; MITRA, S.K.; BOSE, T.K. Physiological studies on flowering of pineapple in response to chemicals and environment. **Acta Horticulturae**, Hamburgo, n. 137, p. 231-242, jul, 1983.
- DAS, N. Studies on the action of ANA on the flowering and fruiting of pineapple. **Journal of Indian Botanical Society**, v. 34, p.38-45, 1964.
- DASS, H.C.; RANDHAWA, G.S.; NEGI, S.P. Flowering in pineapple as influenced by ethephon and its combinations with urea and calcium carbonate. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 3, n. 3, p. 231-38, 1975.
- DERICKE, J.L. Induction florale par l'éthylène chez l'ananas. **Fruits**, Paris, v. 29, n. 6, p. 457-60, jun, 1974.
- EVANS, H.R. The influence of growth-promoting substances on pineapples. **Tropical Agriculture**, v. 36, p. 108-117, 1959.
- FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; FRANCO, J.F. Influência de ethephon com e sem uréia no florescimento de plantas de abacaxi (*Ananas comosus*, L., Merrill) 'Cayenne'. **Planta Daninha**, Campinas, v. 4, n. 2, p. 83-86, dez, 1981.
- FRIEND, D.J.C.; LYDON, J. Effects of daylength on flowering, growth, and CAM of pineapple (*Ananas comosus*, L., Merrill). **Botanical Gazette**, v. 140, n. 3, p. 280-283, 1979.
- GIACOMELLI, E.J.; PY, C.; LOSSOIS, P. Estudo sobre o ciclo natural do abacaxizeiro 'Cayenne' no planalto paulista. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 2, p. 629-642, 1984.
- GLENNIE, J.D. The effect of temperature on the flower induction of pineapples with ethephon. **Australian Horticultural Research Newsletter**, n. 50, p. 49-52, 1979.
- GOWING, D.P. Experiments on the photoperiodic response in pineapple. **American Journal of Botany**, v. 48, p. 16-21, 1961.
- GROSSMANN, K.; HAUSER, C.; SAUERBREY, H.; FRITSCH, H.; SCHMITD, O.; JUNG, J. Plant growth retardants as inhibitors of ethylene production. **Journal of Plant Physiology**, n. 134, p. 538-543, 1989.
- GUYOT, A.; PY, C. Controlled flowering of pineapple with ethrel, a new growth regulator. **Fruits**, Paris, v. 25, n. 5, p. 341-347, mai, 1970.
- HAMILTON, A. J.; LYCETT, C.W.; GRIERSON, D. Antisense gene that inhibits synthesis of the hormone ethylene in transgenic plants. **Nature**, n. 346, p. 284-287, 1990.
- JORGENSEN, K.R. Investigation of pineapple fertilizing methods and flower induction. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, v. 26, p. 483-493, 1969.
- KENDE, H. Ethylene biosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 44, p. 283-307, 1993.
- KERNS, K.R.; COLLINS, J.L.; KIM, H. Developmental studies of the pineapple *Ananas comosus* (L.) Merr. I. Origin and growth of leaves and inflorescence. **New Phytologist**, v. 35, p. 305-317, 1936.

- KINET, J.M. Environmental, chemical, and genetic control of flowering. **Horticultural Reviews**, v. 15, p 279-333, 1993.
- KINET, J.M.; SACHS, R.M.; BERNIER, G. **The physiology of flowering**. Boca Ratoon: CRC Press. **Vol. III. The development of flowers**. 1981.
- KLEE, H.J.; ROMANO, C.P. The roles of phytohormones in development as studies in transgenic plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 13, p. 311-324, 1994.
- LACOEUILHE, J.J. Influence de la nature de rejet planté sur la floraison naturelle de l'ananas en Côte d'Ivoire. **Fruits**, Paris, v. 30, n. 5, p. 307-312, mai, 1975.
- LANAHAN, M.; YEN, H.; GIOVANNONI, J.J.; KLEE, H.J. The 'Never Ripe' mutation blocks ethylene perception in tomato, **The Plant Cell**, v. 6, p. 521-530, 1994.
- LEVER, B.G. Cultar A technical overview. **Acta Horticulturae**, Holanda, n. 179, p. 459-466, 1986.
- LOPÉZ DE VÉLEZ, A.M.; CUNHA, G.A.P. da. Influência do pH e da uréia na ação do ácido 2-cloroetilfosfônico na indução floral do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 11, p. 1199-1205, nov, 1983.
- MEKERS, O.; DE PROFT, M. Prevention of unwanted flowering of ornamental *Bromeliaceae* by growth regulating chemicals. **Acta Horticulturae**, Hamburgo, n. 137, p. 217-224, jul, 1983.
- MILLAR-WATT, D. Control of natural flowering in Smooth Cayenne pineapple, *Ananas comosus* (L.) Merr. **Subtropica**, n. 2, p. 17-19, 1981.
- MIN, X.J. **Physiological effects of environmental factors and growth regulators on floral initiation and development of pineapple** [*Ananas comosus* (L.) Merr.]. 1995, 111 p. Tese (Doctor of Philosophy in Agronomy and Soil Science). University of Hawaii, Honolulu.
- MIN, X.J.; BARTHOLOMEW, D.P. Effects of growth regulators on ethylene production and floral initiation of pineapple. **Acta Horticulturae**, Honolulu, n. 334, p. 101-112, out, 1993.
- MIN, X.J.; BARTHOLOMEW, D.P. Temperature affects ethylene metabolism and fruit initiation and size of pineapple. **Acta Horticulturae**, Martinica, n. 425, p. 3129-338, dez, 1997.
- NORMAN, J.C. The influence of flowering compounds on 'Sugarloaf' pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) in Ghana. **Acta Horticulturae**, Holanda, n. 49, p. 157-165, 1975.
- OKIMOTO, M.C. Anatomy and histology of the pineapple inflorescence and fruit. **Botanical Gazette**, v. 110, n. 2, p. 217-231, 1948.
- ONAHA, A.; NAKASONE, F.; IKEMIYA, H. Induction of flowering with oil-coated calcium carbide in pineapple. **Journal of Japanese Horticultural Science**, v. 52, n. 3, p. 280-285, 1983.
- PY, C. Contribution à l'étude du cycle de l'ananas. **Fruits**, v.23, n.8, p.403-413, 1968.
- PY, C.; GUYOT, A. La floraison contrôlée de l'ananas par l'éthrel, nouveau régulateur de croissance. **Fruits**, Paris, v. 25, n. 4, p. 253-262, abr, 1970.

PY, C.; SILVY, A. Traitements hormones sur ananas. Méthodes pratiques pour diriger la production. **Fruits**, Paris, v. 9, n. 3, p. 101-123, mar, 1954.

RABIE, E.C.; TUSTIN, H.A.; WESSON, K.T. Inhibition of natural flowering occurring during the winter months in 'Queen' pineapple in Kwazulu Natal, South Africa. **Acta Horticulturae**, Holanda, n.529, p. 175-184, mai, 2000.

RANDHAWA, G.S.; DASS, H.C.; CHACKO, E.K. Effect of ethrel, NAA and NAD on the induction of flowering in pineapple (*Ananas comosus*, L.) **Current Science**, v. 39, n. 23, p. 530-531, 1970.

RAUL-SALAZAR, C.; DANILO-RIOS, C. Acción de algunas hormonas sobre la floración y frutificación de la piña (*Ananas comosus*, L., Merr.). **Revista ICA**, Bogotá, v. 6, n. 4, p. 379-395, 1971.

REBOLLEDO-MARTÍNEZ, A.; URIZA-ÁVILA, D.; AGUIRRE-GUTIÉRREZ, L. Inhibición de la floración de la piña con diferentes dosis de Fruitone CPA a dos densidades de siembra. **Acta Horticulturae**, Martinica, n. 425, p. 347-354, dez, 1997.

REBOLLEDO-MARTÍNEZ, A.; URIZA-AVILA, D.E.; REBOLLEDO, M.L. Rates of Fruitone CPA in different applications number during day versus night to flowering inhibition in pineapple. **Acta Horticulturae**, Holanda, n. 529, p. 185-190, mai, 2000.

REINHARDT, D.H.R.C. **Influência da época de plantio, tamanho da muda e idade da planta para a indução floral no abacaxi 'Smooth Cayenne' no Recôncavo Baiano**. 1984. 77p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

REINHARDT, D.H.R.C.; COSTA, J.T.A. CUNHA, G.A.P. da. Influência da época de plantio, tamanho da muda e idade da planta para a indução floral do abacaxi 'Smooth Cayenne' no Recôncavo Baiano. I. Crescimento vegetativo, produção de mudas e florescimento natural. **Fruits**, Paris, v. 41, n. 1, p. 31-41, jan, 1986.

REINHARDT, D.H.R.C.; CUNHA, G.A.P. da. Efeitos do ethephon combinado com uréia na indução floral do abacaxizeiro. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE AMERICANA DE CIÊNCIAS HORTÍCOLAS, Região Tropical, 29, Campinas, 1982. v. 25, p. 29-34, 1982a.

REINHARDT, D.H.R.C.; CUNHA, G.A.P. da. Indução floral do abacaxi cv. Pérola em função da época da última adubação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 4, n. único, p. 7-14, 1982b.

REYES, J.J. Floración prematura en piña *Ananas comosus* (L.) Merr. Cv. Cayena Lisa, en dos tipos de material vegetativo en cinco fechas de plantación, en Loma Bonita, Oaxaca. **Acta Horticulturae**, Martinica, n. 425, p. 254-258, dez, 1997.

RODRIGUES, A.G. Smoke and ethylene and pineapple flowering. **Journal of Agriculture University of Puerto Rico**, v. 16, p. 5-6, 1932.

SAMPAIO, A.C.; CUNHA, R.J.P.; CUNHA, A.R. Influência do nitrogênio e de épocas de plantio sobre o crescimento vegetativo e diferenciação floral natural do pineapple cv. Smooth Cayenne. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 19, n. 2, p. 169-177, ago, 1997.

SAMPAIO, A.C.; FUMIS, F. de T.; HERNANDES, V.A. de N. Ácido alfa-naftaleno acético (ANA) no controle da diferenciação floral natural do abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 20, n. 3, p. 353-358, dez, 1998.

- SANEWSKI, G.M.; SINCLAIR, E.; JOBIN-DECOR, M.; DAHLER, G. Studies into the effects of temperature on natural flowering of Smooth Cayenne pineapple in Southeast Queensland. In: THIRD INTERNATIONAL PINEAPPLE SYMPOSIUM, 1998, Thailand. **Abstracts...**, Thailand, ISHS, nov, 1998, v. único, p. 57.
- SANFORD, W.G.; BARTHOLOMEW, D.P. Effects of silver and cobalt ions on floral induction of pineapple by ethephon. **HortScience**, n. 16, p. 442, 1981.
- SCOTT, C.H. The effect of two plant growth regulators on the inhibition of precocious fruting in pineapple. **Acta Horticulturae**, Honolulu, n. 334, p. 77-82, out, 1993.
- SINGH, H.P.; RAMESHWAR, A. Efficacy of calcium carbide in inducing flowering in pineapple in Malnad area of South India. **Indian Journal of Horticulture**, v. 31, n. 2, p. 157-159, 1974.
- SOLER, A. Induction florale de l'ananas par voie solide: le clathrate d'éthylène. **Fruits**, Paris, v. 40, n. 5, p. 321-325, mai, 1985.
- TANIGUCHI, G. Effet of tebuconazole on natural flower induction. **Pineapple News**, Honolulu, n. 6, p. 11, abr, 1999.
- TEISSON, C. Étude sur la floraison naturelle de l'ananas en Côte d'Ivoire. **Fruits**, Paris, v. 27, n. 10, p. 699-704, out, 1972.
- TEISSON, C. Développement et croissance de l'inflorescence d'*Ananas comosus* (Cv. Cayenne lisse). **Fruits**, Paris, v. 28, n. 6, p. 433-439, jun, 1973.
- TURNBULL, C.G.N.; NISSEN, R.J.; SINCLAIR, E.R.; ANDERSON, K.L.; SHORTER, A.J. Ethephon and causes of flowering failure in pineapple. **Acta Horticulturae**, Honolulu, n.334, p. 83-88, out, 1993.
- TURNBULL, C.G.N.; SINCLAIR, E.R.; ANDERSON, K.L.; NISSEN, R.J.; SHORTER, A.J.; LANHAM, T.E. Routes of ethephon uptake in pineapple (*Ananas comosus*) and reasons for failure of flower induction. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, n. 18, p. 145-152, 1999.
- VAN OVERBEECK, J. Flower formation in the pineapple plant as controlled by 2,4-D and naphtaleneacetic. **Science**, v. 102, p.621, 1945.
- VAN OVERBEECK, J.; CRUZADO, H.J. Note on flower formation in the pineapple induced by low night temperatures. **Plant Physiology**, Maryland, v. 23, p. 281-285, fev, 1948.
- YANG, S.F. Regulation of biosynthesis and action of ethylene. **Acta Horticulturae**, Holanda, n. 201, p. 53-59, 1987.
- YURI, T.; EBE, F.; PAUL, O.; NEAL, G.; BOTELLA, J. Control of flowering in pineapple via genetic engineering. In: FOURTH INTERNATIONAL PINEAPPLE SYMPOSIUM, 2002, Veracruz, México. **Abstracts...**, Veracruz, ISHS/INIFAP, abr, 2002, v. único, p. 72.
- WANG, C.Y. Use of ethylene biosynthesis inhibitors in horticulture. **Acta Horticulturae**, Holanda, v. 201, p. 187-194, 1987.

CAPÍTULO 6

PRODUTIVIDADE VEGETAL: PRINCIPAIS FATORES

Elvis Lima Vieira

PRODUTIVIDADE VEGETAL: PRINCIPAIS FATORES

Elvis Lima Vieira

Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: elvieira@ufrb.edu.br

INTRODUÇÃO

A fotossíntese é o processo responsável pelo fornecimento da energia necessária ao crescimento e desenvolvimento da planta. Esta depende diretamente do índice de área foliar (IAF), que foi definido por Watson (1952), como a área foliar por unidade de área de terreno. O IAF funciona como indicador da superfície disponível para interceptação e absorção de luz, e representa a capacidade que a planta ou comunidade vegetal tem em explorar o espaço disponível (Pereira & Machado, 1987). O IAF é ótimo para a produção quando a radiação fotossinteticamente ativa (RFA: 400 a 700 nm) é absorvida, tão completamente quanto possível, durante sua passagem através do dossel de folhas. Pode variar com a população de plantas, distribuição de plantas e variedades, e geralmente encontra-se entre os valores 2,0 e 8,0 (Larcher, 2000). Segundo Ferri (1985), o IAF descreve a dimensão do sistema assimilador de uma comunidade vegetal, sendo o principal fator a determinar a produtividade de uma cultura.

O termo produtividade refere-se ao incremento em biomassa, que é a matéria seca contida em um órgão, organismo ou população (Hopkins, 1995).

Produtividade primária de um sistema ecológico é definida como a taxa na qual a energia radiante é convertida, pela atividade fotossintética e quimiossintética de organismos produtores (na maior parte, plantas verdes), em substâncias orgânicas, seja de um sistema ecológico, de uma comunidade ou de qualquer parte deles. A produtividade primária bruta, também chamada de “fotossíntese total” ou “assimilação total”, é a taxa global de fotossíntese, incluindo a matéria orgânica usada na respiração durante o período de medição. A taxa de armazenamento de matéria orgânica nos tecidos vegetais, expresso relativamente ao uso respiratório pelas plantas durante o período de medição, é definida como produtividade primária líquida, designada também de “fotossíntese aparente” ou “assimilação líquida”. A produtividade líquida da comunidade é a taxa de armazenamento de matéria orgânica não utilizada pelos heterótrofos (ou seja, a produção primária líquida menos o consumo heterotrófico) durante o período em consideração, geralmente a estação de crescimento, ou um ano. Define-se como produtividade secundária, as taxas de armazenamento energético em níveis de consumidores. Estes só utilizam materiais alimentares já produzidos, convertendo-os em diversos tecidos (Odum, 1988).

Para Larcher (1986), a produção da comunidade ou produção primária (PP), é a quantidade de matéria seca formada pela vegetação em uma dada área, sendo expressa com referência à área de solo coberta, em toneladas de matéria orgânica seca por hectare ($t\ ha^{-1}$) ou ($g\ m^{-2}$). PP é maior quanto mais altas as taxas de assimilação das espécies que compõem a comunidade, quanto mais completa for a absorção de luz, e quanto mais longo for o período de assimilação, mantendo um balanço positivo de trocas gasosas.

O balanço entre o material produzido pela fotossíntese e aquele perdido pela respiração é definido por Pereira & Machado (1987), como a taxa de assimilação líquida (TAL). A TAL representa a taxa de incremento de massa de matéria seca (W) por unidade de área foliar (L) existente em uma planta, assumindo que tanto L como W, aumentam exponencialmente (Briggs et al., 1920). A TAL é um indicador da eficiência de uma planta na produção de matéria seca.

O rendimento pode ser definido como a relação da quantidade de material produzido pelas plantas num determinado intervalo de tempo (geralmente um ano de colheita) por área de terreno utilizado. Segundo Hall & Coombs (1989), o produto fotossintético total produzido pode ser chamado de rendimento biológico verdadeiro, o qual difere do usual ou econômico, de magnitude menor. A fração utilizada é conhecida como índice de colheita (IC). A eficiência de conversão de produtos sintetizados em material de importância econômica pode ser avaliada através do IC, que relaciona a massa da matéria seca da fração econômica de uma cultura (grãos, raízes, frutos), com a fitomassa seca total colhida. Esta eficiência de conversão é determinada pelo genótipo e pelo ambiente (Pereira & Machado, 1987).

Larcher (1995) apresenta uma relação entre a fotossíntese (F_s) e a transpiração (Tr) de uma planta, que designa de uso eficiente da água de fotossíntese (UEA_{F_s}), e pode ser representada da seguinte forma:

$$UEA_{F_s} = F_s / Tr \quad (\text{ mol } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \text{ mmol } H_2O \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})$$

O UEA_{FS} expressa qualitativamente e instantaneamente as trocas gasosas (CO_2 e vapor d'água) que ocorrem na folha. Esta relação depende principalmente dos gradientes de concentração de CO_2 e vapor d'água, das condições ambientais e das características funcionais e estruturais das plantas. No campo, o UEA_{FS} também é afetado pelas condições climáticas.

Em termos ecológicos, agrícola e florestal, Larcher (1995) propõe que a relação entre a produção de matéria seca e o consumo de água, em determinado período de crescimento de um vegetal, fornece mais informações do que as taxas instantâneas de trocas gasosas. Apresenta outra relação, chamada de uso eficiente da água de produtividade (UEA_p), definida pela razão entre a produção de matéria orgânica seca e o consumo de água:

$$UEA_p = \frac{\text{produção de matéria orgânica seca}}{\text{consumo de água}} \quad (\text{g MS kg}^{-1} \text{ H}_2\text{O})$$

A produção de matéria seca e a quantidade de água consumida podem ter como referência uma única planta ou um estande de plantas. Neste último caso (uso eficiente da água de produtividade), a produção de matéria seca orgânica refere-se à área do estande, e o consumo de água refere-se à evapotranspiração total.

Segundo Hopkins (1995), os principais fatores que afetam a produtividade das plantas são: a variedade genética e os fatores ambientais (luz, disponibilidade de CO_2 , temperatura, água, nutrientes e a estrutura do dossel).

A luz interfere sobre o processo de crescimento de forma indireta, através da regulação do processo fotossintético, exercendo também influência direta sobre o crescimento, como por exemplo no fenômeno do estiolamento de plantas e nos fototropismos. Segundo Martinez (1995), a energia absorvida na forma de fótons pelos vegetais pode produzir basicamente três efeitos: 1) fotoenergéticos (fotossíntese, fotoconversões e fotooxidações), 2) fotocibernéticos (fotoestimulantes ou fotoinibidores de rotas metabólicas, fototropismos, fotomorfogêneses etc.) e 3) fotodestrutivos (altas irradiâncias da RFA), causando fotooxidações de pigmentos do cloroplasto e radiações ultravioletas alterando os ácidos nucléicos, proteínas, enzimas, etc.). De maneira geral, os vegetais expostos a maiores níveis de irradiância desenvolvem um eficaz sistema axial para condução da água. Suas folhas possuem várias camadas de células no mesófilo paliçádico e as células apresentam abundantes cloroplastos; produzem grandes quantidades de matéria seca e são mais vigorosas. Pelo contrário, as plantas de sombra exibem uma menor produção de matéria seca, maior eficácia na síntese de proteínas e baixa taxa respiratória e de intercâmbio hídrico. Salisbury & Ross (1994) definem como ponto de saturação lumínica, o nível de irradiância no qual a fotossíntese bruta (FB) está em equilíbrio com a respiração (R) e com a fotorrespiração (FR), neste ponto a fotossíntese líquida (FL) é nula [$FL = FB - (R + FR)$]. Para valores de irradiância acima deste ponto, a fotossíntese líquida será sempre positiva. Geralmente as plantas C_4 não apresentam o processo de fotorrespiração mensurável e não sofrem saturação lumínica. Além disso alcançam maiores valores de fotossíntese líquida em comparação às plantas C_3 , que apresentam este processo e normalmente se saturam com a luz natural ($500 \text{ a } 1000 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Segundo Larcher (1995) e Larcher (2000) a eficiência da conversão de energia radiante solar em energia química, pela fotossíntese, é definida como o uso eficiente de radiação pela fotossíntese (UER_{FS}), que indica a percentagem de energia radiante absorvida, fixada na forma de ligações químicas, pela conversão de dióxido de carbono em compostos orgânicos, podendo ser representada da seguinte forma:

$$UER_{FS} = \frac{\text{energia química estocada}}{\text{energia radiante absorvida}} \times 100$$

As taxas fotossintéticas não são amplificadas somente por aumentos nos níveis de irradiância, mas também por maiores concentrações de CO_2 , em especial quando os estômatos estão parcialmente fechados (Hopkins, 1995). Em condições naturais, a concentração de CO_2 do ar é bastante constante e relativamente baixa ($0,035\%$ em volume ou 350 L L^{-1}). O CO_2 atmosférico tem que cruzar um longo e complicado caminho, ao longo do qual se encontra com distintas resistências, até chegar e ser reduzido no interior do cloroplasto. Em plantas C_3 , incrementos na taxa fotossintética são conseguidos por aumentos nos níveis de CO_2 por dois motivos: incremento na quantidade de substrato para a carboxilação pela enzima rubisco e, através da competição com o oxigênio, reduzindo a taxa de fotorrespiração. Existe uma interação entre os níveis de CO_2 do ambiente e a luz. O ponto de compensação lumínico se incrementa à medida que se aumenta a concentração de CO_2 . Este aspecto é bem mais importante para as plantas C_3 do que para as plantas C_4 , que possuem um mecanismo interno de concentração de CO_2 em união ao fenômeno de insaturação lumínica, quando em condição de máxima irradiância solar (Martinez, 1995). O ponto de compensação de CO_2 é atingido quando, na concentração de CO_2 atmosférico, a fixação fotossintética bruta está equilibrada com a

perda de CO₂ através da respiração e da fotorrespiração. Neste ponto, a fotossíntese líquida é aparentemente igual a zero. Logo, o processo fotossintético não poderá se beneficiar de incrementos nos níveis de CO₂ se não superar este limite (ponto de compensação). De maneira geral, as plantas C₃ possuem um ponto de compensação de CO₂ mais alto (35 a 45 mol mol⁻¹) do que as plantas C₄ (0 a 5 mol mol⁻¹) (Taiz & Zeiger, 2004).

Hopkins (1995) apresenta um modelo que descreve a limitação da taxa fotossintética em função da concentração de CO₂. Em baixas concentrações de CO₂, a fotossíntese é limitada pela baixa capacidade de carboxilação de enzima rubisco. Em altas concentrações de CO₂, as taxas fotossintéticas são limitadas pela taxa de regeneração do aceptor molecular, a ribulose-1,5-difosfato.

Tradicionalmente, a produtividade das plantas tem sido avaliada pelas mudanças no seu peso, medido pela colheita de amostras a intervalos de dias, semanas ou meses. No entanto, a medição da taxa de troca de CO₂ nos permite uma avaliação instantânea da produtividade minuto a minuto, caso seja requerido (Hall & Coombs, 1989).

O crescimento vegetal é estimulado pela temperatura até certo limite, a partir do qual começa a atuar como fator de inibição. O papel regulador da temperatura sobre o crescimento se realiza através da regulação de enzimas que catalisam as reações que direta ou indiretamente interferem em todos os processos metabólicos e fisiológicos (germinação, respiração, transpiração, fotossíntese, fotorrespiração, translocação, absorção de água e nutrientes, floração, frutificação e senescência). Hopkins (1995) relata que a temperatura pode ser caracterizada por três pontos: o de mínimo (T_{min}), o de máximo (T_{max}) e o ótimo (T_{ótima}) onde as reações se processam. A temperatura afeta fundamentalmente os processos químicos, mais que os físicos. A fotossíntese, a respiração e a fotorrespiração são afetadas de maneiras diferentes pela temperatura, pois as temperaturas ótimas diurnas afetam a produção (fotossíntese, fotorrespiração e respiração) e as temperaturas noturnas influenciam somente na respiração. De maneira geral, não existem taxas apreciáveis de fotossíntese à 0° C, a não ser aqueles detectados abaixo desta temperatura, em alguns líquens, plantas alpinas, espécies de tundra etc., porém não é um fenômeno habitual. A atividade das enzimas de carboxilação das plantas C₄ (PEP_{carboxilase}) e da plantas C₃ (Rubisco), apresentam pontos ótimos de atividade diferentes, 30° C e 25° C, respectivamente. Outro efeito marcante da temperatura ocorre sobre o processo transpiratório das plantas, que está relacionado diretamente com a fotossíntese (trocas gasosas), a temperatura foliar e com o estabelecimento de uma tensão hídrica na planta (Martinez, 1995).

A água participa diretamente do processo de crescimento das plantas de diversas formas, como por exemplo: é o principal constituinte do protoplasma, participa diretamente de numerosas reações químicas (fotossíntese e respiração), praticamente todos os compostos orgânicos são solúveis em água, favorece o transporte de nutrientes e fotoassimilados dentro da planta, responsável pela turgescência celular, sem a qual não ocorrem as trocas gasosas e, é responsável pela estabilidade térmica do material vivo celular, favorecendo a manutenção das atividades bioquímicas do vegetal (Sutcliffe, 1980).

Qualquer redução no potencial hídrico da planta afeta instantaneamente a abertura estomática, podendo induzir o fechamento estomático, causando diminuição das trocas gasosas e, conseqüentemente, reduzindo a fotossíntese. A taxa fotossintética declina sob condições de estresse hídrico, e em caso de severo estresse hídrico, esta pode ser completamente anulada. De maneira geral, em condição de estresse hídrico, a redução na produtividade das plantas C₃ é maior do que nas plantas C₄. As plantas C₄ apresentam algumas vantagens sobre as plantas C₃, com relação à fotossíntese e estresse hídrico, por que elas são mais eficientes no uso da água. As plantas C₃, C₄ e MAC (metabolismo Ácido das Crassuláceas), apresentam diferentes aspectos em relação à fisiologia, bioquímica, botânica e ecologia, que afetam significativamente a capacidade produtiva destas plantas (Tabela 1).

Os nutrientes minerais possuem uma extraordinária importância no crescimento e no desenvolvimento dos vegetais, desempenhando diversas funções como por exemplo: estrutural, constituinte de enzimas, ativador enzimático, regulador do pH citossólico, regulador da permeabilidade celular e na manutenção da neutralidade eletrostática intracelular (Malavolta et al., 1997). A nutrição mineral manifesta determinadas influências sobre a fotossíntese e interfere sobre todos os níveis de nitrogênio, cuja deficiência determina uma diminuição evidente nas taxas de fotossíntese, ou seja, na produtividade primária, devido à redução nas taxas de síntese protéica, particularmente da rubisco e dos elementos transportadores das cadeias eletrônicas (Hopkins, 1995). O potássio também interfere decisivamente na assimilação de CO₂, afetando o mecanismo de abertura e fechamento estomático, a atividade de muitas enzimas e, em particular, a mobilização de proteínas e carboidratos. O cloro é indispensável para a fotólise da água e o sódio é essencial para a fotossíntese de algumas plantas C₄. O ferro é necessário ao metabolismo das clorofilas e das proteínas férricas do transporte eletrônico. O magnésio afeta a síntese de clorofilas, a ativação de numerosas enzimas fotossintéticas e participa também da fotólise da água no fotosistema II (Martinez, 1995).

A máxima possibilidade fotossintética conseguida por uma folha é conhecida de capacidade fotossintética foliar, sendo determinada através da taxa de fotossíntese por unidade de área foliar sob condições de saturação de luz incidente, concentrações normais de CO₂ (0,003%) e O₂ (21%), ótimo de temperatura e alta umidade relativa. A

capacidade fotossintética foliar é altíssima em plantas adaptadas a ambientes rico em recursos onde luz, água e nutrientes são abundantes. A redução da fotossíntese é uma consequência de deficiência de praticamente todos os elementos essenciais, mas a capacidade fotossintética foliar é particularmente sensível ao suprimento de nitrogênio. Como constituinte básico da molécula de clorofila, participante de reações de redox no transporte de elétrons e envolvido com todas as enzimas do metabolismo do carbono, o nitrogênio assume um papel crítico na produtividade primária dos vegetais (Hopkins, 1995). De maneira geral, ótimas taxas fotossintéticas são coincidentes com uma nutrição mineral equilibrada e de concentrações ótimas.

A produtividade primária líquida de um estande de plantas é notadamente influenciada pela estrutura do dossel. Esta estrutura é alterada pela idade, morfologia, pelo ângulo e espaçamento individual entre folhas. A capacidade fotossintética de uma folha declina com a senescência. Esta deterioração progressiva da folha é caracterizada, em parte, pela redução de clorofilas e da atividade das enzimas ligadas ao processo fotossintético. Muitas plantas herbáceas apresentam uma seqüência na senescência foliar. Quando as folhas mais velhas do dossel estão senescentes, as folhas novas estão em formação no topo do dossel. A arquitetura do dossel é muito importante quando se considera a produção agrícola e os ecossistemas naturais, pois esta determina como a luz será eficientemente absorvida. Altas produtividades dependem em parte da extensão de área de solo que é coberta com superfície fotossintetizante, porque a luz solar exposta ao solo não contribui para a produtividade. Estas relações são avaliadas através do IAF (Hopkins, 1995).

Hall & Combs (1989) apresentam de forma resumida (Figura 1) a seqüência lógica a ser observada para resolução dos problemas referentes às etapas limitantes da eficiência do processo energético luminoso na conversão de um determinado cultivo em biomassa. No entanto, alertam que, mesmo antes de buscar tais respostas, deve-se primeiro verificar se é possível definir as melhores condições ambientais e de produtividade das plantas.

Tabela 1. Comparação entre plantas C₃, C₄ e MAC quanto aos aspectos que influenciam na produtividade vegetal.

CLASSES DE PLANTAS		C ₃	C ₄	MAC
PARÂMETROS				
01	ANATOMIA FOLIAR	Mesófilo Foliar (MF), ausência de Bainha Vascular, com cloroplasto - Parenquimático	Mesófilo Foliar, presença de Bainha Vascular (BV), com cloroplasto (Anatomia Kranz)	Mesófilo foliar, ausência de Bainha Vascular, células com grandes vacúolos.
02	CLOROPLASTOS	Granal	Mesófilo granal e Bainha Vascular granal ou agranal	Granal
03	CLOROFILA a / b	Cerca de 3 : 1	Cerca de 4 : 1	≤ 3 : 1
04	RELAÇÃO CO ₂ : ATP : NADPH ⁺	1 : 3 : 2	1 : 5 : 2	Na luz 1 : 3 : 2 No escuro 1 : 5 : 2
05	SATURAÇÃO DE LUZ DA FOTOSSÍNTESE	Há intensidade intermediárias ~1/3 (50 - 150 Wm ⁻²) (500 - 1000 mol m ² s ⁻¹) (600 a 800 m mol quanta m ² s ⁻¹)	Não satura a altas intensidades (+ 500 Wm ⁻²) (2000 mmol quanta m ² s ⁻¹)	Nas intensidades intermediárias e altas. Inferior às plantas C ₄
06	EFICIÊNCIA QUÂNTICA (mol quanta/mol CO ₂)	30°C : 18,9 20°C : 15,4	20 ou 30°C gramíneas = 15,9 dicotiledôneas = 17,5	Assimilação de CO ₂ noturna
07	ACEPTOR PRIMÁRIO DE CO ₂ atm.	Ribulose 1,5 difosfato (RuDP)	Fosfoenolpiruvato (PEP)	Na luz: RuDP No escuro: PEP
08	PRIMEIRO PRODUTO ESTÁVEL DA FOTOSSÍNTESE	Ácidos C ₃ Ácido 3 - fosfoglicérico (PGA)	Ácidos C ₄ - (AOA) (Malato ou Aspartato)	PGA à luz Malato no escuro
09	ENZIMA PRIMÁRIA DE CARBOXILAÇÃO	RuDP carboxilase/oxigenase Rubisco* Carboxidismutase	PEP carboxilase (PEPcase)	Rubisco na luz PEPcase: no escuro
10	Km DA ENZIMA DE CARBOXILAÇÃO	Rubisco (20 MCO ₂) 20mM CO ₂	PEPcase (5 MCO ₂) 100 a 160 mM HCO ₃ ⁻	Rubisco: luz PEPcase: escuro
11	LOCALIZAÇÃO DA ENZIMA DE CARBOXILAÇÃO	Rubisco - cloroplasto (MF)	PEPcase: - citoplasma (MF) Rubisco - cloroplasto (BV)	Rubisco/cloroplasto PEPcase/citoplasma

continua...

... continuação

CLASSES DE PLANTAS		C ₃	C ₄	MAC
PARÂMETROS				
12	SUBSTRATO DA CARBOXILAÇÃO	CO ₂	HCO ₃ ⁻	CO ₂ : luz HCO ₃ ⁻ : escuro
13	TEMPERATURA ÓTIMA/ENZIMA	Rubisco: 20 - 25°C	PEPcase: 30 - 35°C	Sem referência
14	TEMPERATURA ÓTIMA PARA FOTOSSÍNTESE	20 - 35°C	30 - 45°C	30 - 45°C
15	ABERTURA ESTOMÁTICA NA PRESENÇA DA LUZ	Grande (fotoativas)	Pequena a média (fotoativas)	Pequena ou nula (não fotoativas)
16	EFEITO DEPRESSIVO DO OXIGÊNIO (21%) NA FOTOSSÍNTESE	Forte inibição na presença da luz	Sem efeito	Forte inibição na presença da luz
17	EFEITO DE ALTAS TEMPERATURAS	Aumento do processo fotorrespiratório	Não há aumento	Não há aumento
18	VELOCIDADE RELATIVA DA FOTORRESPIRAÇÃO	3 a 5 vezes MAIS que a respiração no escuro	10 vezes MENOR que a respiração no escuro	Difícil de determinar
19	LIBERAÇÃO DE CO ₂ NA LUZ (FOTORRESPIRAÇÃO APARENTE)	Sim; presente em torno de 25 a 30% do valor da fotossíntese	Não mensurável	Não mensurável, difícil determinar
20	PONTO DE COMPENSAÇÃO DE CO ₂	50 - 150 ppm (ALTO) 30 - 70 mol CO ₂ mol 20 - 100 LCO ₂ L ⁻¹	0 - 10 ppm (BAIXO) 0 - mol CO ₂ mol 0 - 5 LCO ₂ L ⁻¹	Na luz: 0 - 200 ppm No escuro: < 5 ppm
21	PONTO DE COMPENSAÇÃO LUMÍNICO (RFA) 20°C - 340 ppmCO ₂	6 - 10 mol m ⁻² s ⁻¹	4 - 8 mol m ⁻² s ⁻¹	Sem referência
22	CONSUMO DE H ₂ O PARA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA	450 - 1000 moles de H ₂ O transpirada/mol de CO ₂ assimilado	200 - 350 moles de H ₂ O transpirada/mol de CO ₂ assimilado	18 a 125 moles de H ₂ O transpirada/mol de CO ₂ assimilado
23	EFICIÊNCIA NO USO DE ÁGUA (E.U.A)	1 a 3 g CO ₂ Kg H ₂ O ⁻¹	2 a 5 g CO ₂ Kg H ₂ O ⁻¹	1 a 4 g CO ₂ Kg H ₂ O ⁻¹
24	N NA FOLHA PARA ATINGIR FOTOSSÍNTESE MÁXIMA	6,5 - 7,5% peso seco	2,0 - 4,5% peso seco	Sem referência
25	REQUERIMENTO DE Na ⁺ COMO MICRONUTRIENTE	Não	Sim	Sim
26	EFICIÊNCIA NO USO DE NITROGÊNIO (E.U.N.)	Rubisco > 50%	Rubisco: 25% PEPcase: 10%	Rubisco: 25% PEPcase: 10%
27	VELOCIDADE MÁXIMA DE CRESCIMENTO gms dm ⁻² dia ⁻¹	0,5 - 2,0	4,0 - 5,0	0,015 - 0,02
28	CAPACIDADE FOTOSSINTÉTICA LIQUIDA FL = [FB - (FR+R)]	Leve e alta 15 - 40 mg CO ₂ dm ⁻² h ⁻¹ 15 - 25 mol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	Alta e muito alta 60 - 100 mg CO ₂ dm ⁻² h ⁻¹ 25 - 40 mol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	Na luz leve No escuro média 2,5 - 7,6 mol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹
29	REDISTRIBUIÇÃO DOS PRODUTOS DE ASSIMILAÇÃO	Lenta (MF)	Rápida (BV)	Variável
30	PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA	22 ± 3,3 ton ha ⁻¹ ano ⁻¹ (média) 0,2 a 0,4 ton ha ⁻¹ dia ⁻¹ (leguminosas)	38 ± 16,9 ton ha ⁻¹ ano ⁻¹ (alta) 0,5 ton ha ⁻¹ dia ⁻¹ (cereais)	Pouco conhecida, menos que C ₃ (baixa)

continua...

CLASSES DE PLANTAS		C ₃	C ₄	MAC
PARÂMETROS				
31	OCORRÊNCIA (CLIMA)	Temperado, equatorial e tropical. Arroz, trigo, cebola, leguminosas, aveia e tabaco. Todas gimnospermas angiospermas (285.000 espécies), briófitas e algas.	Tropical, subtropical, semi-árido e desértico. Milho, sorgo, cana-de-açúcar e Atriplex. Maioria das monocotiledôneas (gramíneas e ciperáceas) e 300 espécies de cotiledôneas).	Desértico, semi-árido. Crassuláceae, Cactáceae, bromeliaceae, Agavaceae, Liliaceae, Euphorbiaceae e Orchidaceace. Abacaxi e Sisal.

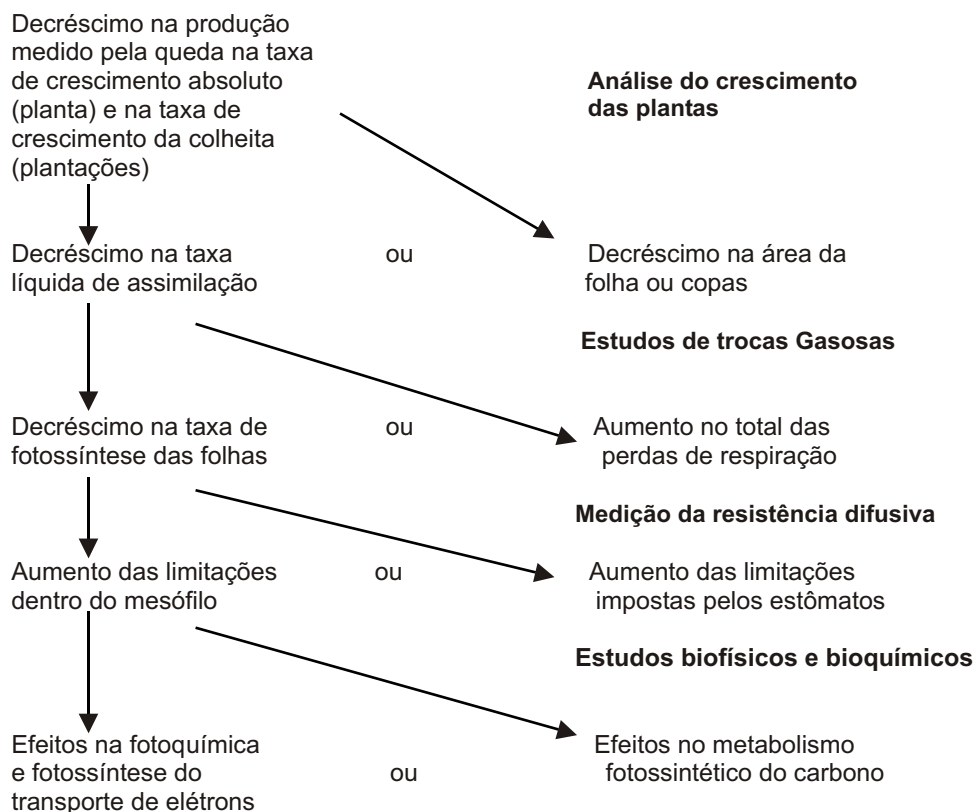


Figura 1. Análise redutora dos fatores que limitam a produtividade. Fonte: Adaptado de Hall & Combs, 1989.

Mayer (1975) apresenta uma relação de aspectos a serem pesquisados, com relação à produtividade agrícola, designados por ele de pesquisas imperativas:

a) Com relação ao fornecimento de carbono:

- Identificar os aspectos da fotossíntese os quais limitam a fixação de CO₂ nos ambientes naturais;
- Elucidar as relações entre o desenvolvimento das plantas e o processo fotossintético;
- Suprir as plantas de novos procedimentos para seleção, em relação à produção.

b) Com relação a nutrição nitrogenada:

- Minimizar a energia e custos na fabricação dos fertilizantes nitrogenados;
- Desenvolver a nutrição nitrogenada de auto-suficiência para as plantas;
- Maximizar a eficiência do uso do nitrogênio do solo e do fertilizante nitrogenado;
- Aperfeiçoar as características nutricionais dos produtos agrícolas.

c) Com relação à interação água - solo - minerais:

- Administrar a relação entre a produção água - solo;
- Tornar viável o controle da erosão e desenvolver novas tecnologias, especialmente para se cultivar em terras marginais;
- Estudar e conhecer como a planta se relaciona com a célula, em relação à água e como esta relação afeta a produtividade agrícola, e desenvolver métodos para a manipulação destas relações;
- Relacionar a água e o solo administrando o sistema para prevenir a salinização;
- Desenvolver sistemas de produção agrícola compatível com o interesse da comunidade e com o ambiente;
- Adaptar o solo administrando práticas para cultivos de subsistência para países em desenvolvimento;
- Desenvolver tecnologias de solos para a produção agrícola em solos problemáticos (ex: oxisolos, ultisolos);
- Evoluir métodos de administração de solos para aperfeiçoar as características dos solos, assegurando a germinação de sementes;
- Caracterizar e quantificar os problemas de estresse em solos, relatando os resultados para que se possa realizar pesquisas nas áreas de genética, fisiologia e cultural;
- Identificar e aumentar o uso de fontes baratas para o melhoramento do solo e nutrição de plantas, incluindo lixo e resíduos de culturas;
- Estimular a absorção e crescimento de plantas, pelo uso de micorrizas selecionadas e/ou bactérias da rizosfera;
- Esclarecer a absorção de nutrientes minerais de culturas em meio salino, ambiente com íon tóxico e em solos altamente férteis, pela utilização de culturas selecionadas através de melhoramento genético;
- Quantificar quimicamente, fisicamente e biologicamente as propriedades da interface raiz-solo e seus papéis na nutrição mineral e absorção de água;
- Investigar a distribuição radicular e as características de absorção de componentes de produtos múltiplos, os quais maximizam o uso dos recursos do solo;
- Elucidar o controle metabólico e a integração do transporte iônico do solo para dentro dos pêlos absorventes e da planta;

d) Com relação ao estresse ambiental:

- Manipulação dos produtos agrícolas ou do seu ambiente, o que poderá evitar ou reduzir as injúrias causadas pelo estresse e aumentar a produtividade;
- Explorar o potencial genético para desenvolver novas variedades resistentes ao estresse;
- Elucidar os princípios básicos das injúrias provocadas pelo estresse e da resistência, avaliar a oportunidade e natureza dos danos do estresse.

e) Com relação aos processos de desenvolvimento das plantas:

- Utilizar técnicas de culturas de células e tecidos, para acelerar geneticamente a produção de plantas;
- Identificar e avaliar os mecanismos de controle para o desenvolvimento de uma planta;
- Determinar as bases fisiológicas e genéticas com relação aos estresses ambientais;
- Preservar as fontes e explorar as possibilidades da variabilidade genética;
- Combinar as disciplinas de genética e fisiologia de plantas para projetar plantas;
- Continuar e encorajar as pesquisas básicas em desenvolvimento de plantas.

f) Com relação à proteção de plantas:

- Necessidade de pesquisas para o desenvolvimento e administração de sistemas integrados para combinar proteção estável para os vários estilos de agricultura;
- Desenvolver e implementar modelos para a prática de proteção de plantas;
- Aumentar o entendimento dos fundamentos biológicos das doenças;
- Treinamentos para se desenvolver resistência estável de doenças em plantas;
- Expandir as pesquisas para que no futuro se desenvolva o controle biológico de plantas;
- Melhorar os pesticidas e o seu uso;
- Inovação de abordagens para proteção de plantas.

Segundo Bernardes (1987), a eficiência fotossintética das plantas é baixa, não atingindo 1% na maioria das espécies. Em condições ótimas registra-se eficiência de 3 a 4% nas plantas C_3 e de 5 a 6% em plantas C_4 . É estimado que a produtividade potencial possa chegar a 12%. A baixa eficiência é considerada o primeiro fator limitante da produtividade. A produtividade de uma planta é resultado de processos e diversas reações complexas, que ocorrem na ontogênese sob influência das condições externas (Nasyrov, 1978). Assim sendo, a produtividade final da cultura depende de: a) quantidade de energia incidente (excitação eletrônica); b) quantidade de energia interceptada e absorvida; c) quantidade de energia convertida (fixação de CO_2); d) quantidade de energia transportada para as partes úteis da planta (partição de assimilados) e e) metabolismo nas partes úteis da planta (eficiência na utilização). Vários são os componentes que englobam este complexo mecanismo da expressão fenotípica da produtividade (Figura 2).

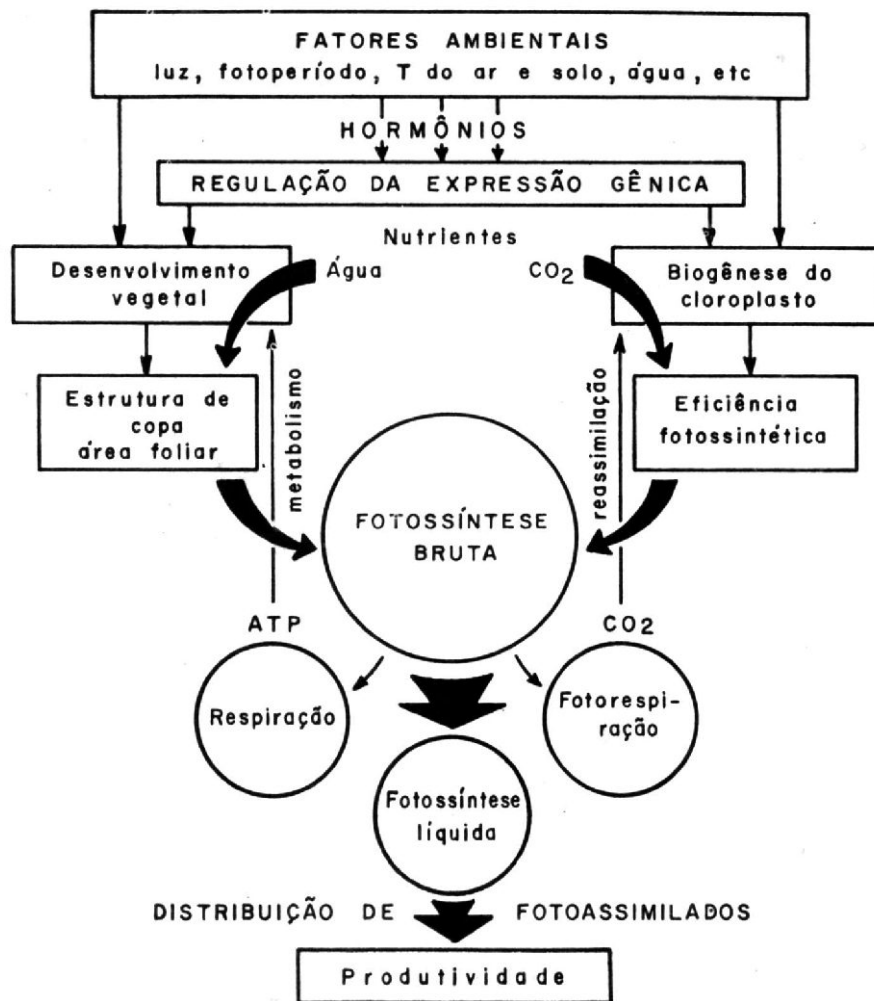


Figura 2. Esquema da expressão fenotípica da produtividade (Nasyrov, 1978).

Segundo Lucchesi (1987), os principais fatores envolvidos na produção vegetal são: a) cinética do crescimento vegetal e b) controle do crescimento e do desenvolvimento vegetal (controle intracelular ou genético, controle intercelular ou hormonal e o controle extracelular ou ambiental).

Os vegetais estão condicionados pela sua constituição genética. O controle genético envolve as características da planta que ela carrega em sua bagagem genética herdada. O fenótipo não é uma mera tradução do genótipo, mais sim uma reação normal frente às ações dos fatores ambientais. Os fatores endógenos são ativos não somente em níveis molecular e celular, afetando os processos metabólicos através da transcrição e tradução.

O crescimento de um vegetal é lento no início e depende das reservas (cotilédones ou endosperma) contidas nas sementes. Esta fase é denominada exponencial ou logarítmica (fase I), onde existe uma relação linear entre o logaritmo do crescimento e o tempo. Após a germinação e o estabelecimento de uma plântula, ocorre uma fase central de rápido aumento de tamanho designada fase de crescimento ou fase linear, sendo esta, função da disponibilidade de água e nutrientes do substrato e da capacidade fotossintética (fixação de CO₂) da planta. É um período de crescimento vegetativo (fase II). Finalmente, após a planta ter atingido o tamanho definitivo, ocorre uma fase em que a taxa de crescimento vai sofrendo decréscimos cada vez maiores na acumulação de matéria seca. Esta fase se denomina fase de envelhecimento ou de senescência (fase III), e corresponde às últimas etapas do desenvolvimento da planta, onde estão envolvidas a floração e a maturação do fruto (Martinez - Laborde & Garcia, 1994 ; Magalhães, 1985).

Os hormônios atuam em nível de genes, sendo portanto capazes de promoverem as mais variadas alterações morfológicas e fisiológicas nos vegetais. Os hormônios vegetais agem em diminutas concentrações, como catalisadores, e estão em constante interação com os fatores ambientais, regulando o crescimento e o desenvolvimento vegetal (Castro & Vieira, 2001; Vieira & Monteiro, 2002). Segundo Salisbury & Ross (1994), existem evidências de que os hormônios vegetais controlam a atividade gênica.

Segundo Larcher (1995), os hormônios vegetais também possuem um papel de coordenação dentro do organismo. O significado ecológico dos hormônios vegetais reside no seu papel como substâncias tradutoras, respondendo e percebendo os estímulos ambientais. Todas as partes da planta são informadas também através da síntese, ou mudanças na concentração, de um ou mais hormônios. A ação interna dos hormônios depende do estágio de desenvolvimento da planta, da natureza do estímulo externo e do tempo de ação. As reações provocadas podem ser sinérgicas ou antagônicas, dependendo do órgão envolvido e da predisposição da planta. Junto com os fatores externos, os hormônios vegetais iniciam processos de crescimento e diferenciação, e sincronizam o desenvolvimento da planta com as mudanças estacionais do ambiente. Adicionalmente, eles regulam a intensidade e a direção do crescimento, atividade metabólica, transporte, armazenamento e mobilização de substâncias nutritivas.

A aplicação de biorreguladores e de estimulantes vegetais, visando aprimorar os padrões de produção e produtividade, tem apresentado resultados significativos. Seus resultados, certamente, serão bem mais expressivos e significativos em cultivos onde o sistema de produção já apresenta níveis elevados de tecnologia, com expectativas de boas produtividades. A utilização dessas substâncias pode influenciar positivamente a germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento e desenvolvimento radicular, produção de vagens, número e massa seca de grãos por planta (Vieira & Castro, 2004). Segundo Casillas et al. (1986), essas substâncias, quando aplicadas em baixas concentrações em sementes ou na parte aérea das plantas, favorecem um melhor desempenho dos processos fisiológicos vitais, influenciando positivamente na produção e produtividade das culturas.

O controle ambiental, também conhecido como de concorrência, pode afetar a morfologia e a reprodução do vegetal. São as condições do ambiente onde está inserido o vegetal (Lucchesi, 1987). Os fatores físicos (biótopo) podem ser classificados como climáticos (altitude, latitude, nebulosidade, gases atmosféricos, vento, água, temperatura e energia radiante) e edáficos (posição geográfica, topografia e o material de origem do solo que influencia nas propriedades físicas e químicas, e o teor de matéria orgânica). Os fatores do meio biológico (biocenose) são os organismos que podem afetar o crescimento e o desenvolvimento do vegetal (microorganismos, pragas, moléstias, outras plantas, outros animais e o próprio homem).

Vários processos têm sido investigados com o objetivo de se elevar a produção vegetal: eficiência fotossintética, índice de colheita (IC), fixação de nitrogênio atmosférico e seu aproveitamento, eficiência de uso de minerais pela planta, redução do ciclo produtivo (permitindo mais safras) e tolerância às condições de estresse (York, 1994). No entanto, para se obter eficiência no melhoramento genético, é necessário que as características em questão apresentem diferenças facilmente observadas e herdabilidade suficiente para se obter diferenças nas progêneses. Além disso, as demais características (aquelas que não sejam objeto do melhoramento) devem se manter relativamente uniformes (Snyder & Carlson, 1984).

O aumento da fotossíntese pode ser alcançado através de: aumento da interceptação e melhoria da distribuição da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no dossel da planta; da manipulação da arquitetura foliar do aumento da eficiência de conversão da RFA em matéria seca através da manipulação das taxas de fotossíntese bruta, respiração e fotorrespiração (Hay & Walker, 1989).

Apesar de ser possível elevar a produção aumentando a taxa fotossintética através de alterações no meio ambiente (nível de CO₂ ou luminosidade), não tem sido possível aumentar a produção através de manipulação genética ou química do sistema fotossintético em níveis inferiores ao de desenvolvimento da área foliar, provavelmente devido a mecanismos de auto regulação da planta (Gifford et al., 1984).

Ultimamente, têm se procurado avaliar o efeito de possíveis alterações genéticas na planta sobre seu potencial produtivo através de modelos de simulação. Boote & Tollenaar (1994), por exemplo, utilizaram os modelos SOYGRO e MAIS para estimar o efeito de algumas estratégias de manipulação genética sobre o aumento de produção em soja e milho, respectivamente. Segundo esses autores, a manipulação do período de enchimento de grãos parece ser a característica mais promissora em termos de aumento de produtividade.

É importante lembrar, no entanto, que qualquer alteração genética nas plantas deve vir acompanhada de mudanças nas técnicas agronômicas a fim de que realmente haja um incremento da produção em nível de campo.

REFERÊNCIAS

BERNARDES, M.S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Eds.). *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: POTAFOS, 1987, cap. 2, p. 13-48.

BOOTE, K.J.; TOLLENAAR, M. Modelling genetic yield potential. In: BOOTE, K.J.; BRIGGS, G.E. ; KIDD, F.A. ; WEST, C.A. *A quantitative analysis of plant growth. Part I. Ann. Appl. Biol.*, v.7, p.103-123, 1920.

BRIGGS, G.E.; KIDD, F.A.; WEST, C.A. *A quantitative analysis of plant growth. part I. Ann. Appl. Biol.*, v. 7, p. 103-123, 1920.

CASILLAS, V.J.C.; LONDOÑO, I.J.; GUERRERO A.H.; BUITRAGO G.L.A. Analisis cuantitativo de la aplicacion de cuatro bioestimulantes en el cultivo en el cultivo del rabano (*Raphanus sativus* L.). *Acta Agronomica*, v. 36, n. 2, p. 185-195, 1986.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 132p.

FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 1985. 362p.

GIFFORD, R.M.; THORNE, J.H.; HITZ, W.D.; GIAQUINTA, R.T. Crop productivity and photoassimilate partitioning. *Science*, v.225, n. 4664, p.801-808, 1984.

HALL, D.O. ; COOMBS, J. **Técnicas de bioprodutividade e fotossíntese**. Fortaleza: Edições Universidade Federal do Ceará, 1989. 290p.

HAY, R.K.M.; WALKER, A.J. **An introduction to the physiology of crop yield**. Nova York, Longman Scientific and Technical, 1989. 292p.

HOPKINS, W.G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley & Sons, INC., 1995. 464p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Trad. Carlos Henrique Britto de Assis Prado. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000. 531p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Trad. de Antonio de Pádua e Hildegard T. Backup. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 1986. 319p.

- LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Third edition. New York: Springer Verlag, 1995. 506p.
- LUCCHESI, A.A. Fatores da produção vegetal. In: Castro, P.R.C. ; Ferreira, S.O. ; Yamada, T. **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. Cap.1, p.1-10.
- MAGALHÃES, A.C.N. **Análise quantitativa do crescimento**. In: FERRI, M.G. Fisiologia Vegetal 1. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1985. Cap.8, p333-350.
- MALAVOLTA, E. ; VITTI, G.C. ; OLIVIEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARTINEZ LABORDE, J.B. ; GARCIA, F.P. **Introducion a la Fisiologia Vegetal**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1994. 281p.
- MARTINEZ, F.G. **Elementos de fisiologia vegetal**. Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 1995. 1147p.
- MAYER, J. **Crop productivity research imperatives**. Ohio: State University, Agricultural Experiment Station, 1975. 399p.
- NASYROV, Y.S. Genetic control of photosynthesis and improving of crop productivity. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 29, p. 215-37, 1978.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara S.A., 1988. 434p.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise Quantitativa do Crescimento de Vegetais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. 33p. (IAC-Boletim Técnico n.114).
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia vegetal**. Trad. de Virgilio González Velázquez. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1994. 759p.
- SNYDER, F.W.; CARLSON, G.E. Selecting for partitioning of photosynthetic products in crops. **Advances in Agronomy**, v. 37, p. 47-72, 1984.
- SUTCLIFFE, J. **As plantas e a água**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 1980. 126p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Trad. Santarém, E. R. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. **Ação de bioestimulante na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2004. 73p.
- VIEIRA, E.L.; MONTEIRO, C.A. Hormônios vegetais. In: CASTRO, P.R.C.; SENA, J.O.A.; KLUGE, R.A. (Eds.). **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2002. p.79-104.
- WATSON, D.J. The physiological basic of variation in yield. **Advances in Agronomy**, v.4, p.101-104, 1952.
- YORK JR., E.T. Global perspectives on international agricultural research. In: BOOTE, K.J.; BENETT, J.M.; SINCLAIR, T.R.; PAULSEN, G.M. (Ed.) **Physiology and determination of crop yield**. Madison, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1994. cap. 20, p.1-17.

CAPÍTULO 7

ECOFISIOLOGIA E FLORAÇÃO DA MANGUEIRA E CRESCIMENTO DO FRUTO DE MANGA

Manoel Teixeira de Castro Neto & Anna Christina Passos Menezes

ECOFISIOLOGIA E FLORAÇÃO DA MANGUEIRA E CRESCIMENTO DO FRUTO DE MANGA

Manoel Teixeira de Castro Neto¹; Anna Christina Passos Menezes²

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA E-mail: mtcastroneto@gmail.com

²Professor - Faculdade de Agronomia do Médio São Francisco/UNEB, Juazeiro-BA.

INTRODUÇÃO

A cultura da mangueira se destaca na pauta de exportação das frutas brasileira e portanto, é necessário o conhecimento dos aspectos ecofisiológicos da cultura para que se possa desenvolver um manejo sustentável e produtivo. Sendo assim, muitos trabalhos têm sido conduzidos focando-se diferentes aspectos da cultura. Dentre destes aspectos, o processo de indução do florescimento é o que tem chamado mais a atenção dos pesquisadores e produtores. Como não poderia deixar de ser, diversos trabalhos foram conduzidos no programa de pós-graduação da então Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, e neste capítulo são colocados alguns resultados obtidos. Em nenhum momento os pontos discutidos aqui são conclusivos e há muito o que saber antes de se ter uma posição definitiva sobre a ecofisiologia da mangueira. A principal finalidade desta publicação é mostrar o conhecimento atual sobre o assunto e onde são necessárias informações para elucidar os fatores que limitam a produtividade da cultura.

BOTÂNICA, HÁBITOS DE VEGETAÇÃO, FLORESCIMENTO E FRUTIFICAÇÃO

A mangueira (*Mangifera indica* L.) se caracteriza por possuir porte médio a alto (10 a 30m), com a copa variando da forma arredondada globosa à piramidal, podendo ser compacta ou aberta. As folhas são lanceoladas, coriáceas, com pedúnculo curto (Silva, 1997). É conhecida pela sua alternância de produção ou produção irregular, que tem como causa o florescimento irregular, queda de flores e frutos, apresentando um crescimento vegetativo caracterizado por desenvolvimento ativo e dormências periódicas (Castro Neto, 1995). Pode apresentar vários surtos vegetativos por ano, dependendo das condições climáticas de cada região, distribuídos do final de inverno, primavera e verão. Estes surtos estão correlacionados com os futuros florescimentos e conseqüente frutificação, uma vez que ramos entre 4 a 18 meses de idade poderão emitir inflorescências (Silva, 1997).

A iniciação e desenvolvimento de novos ramos dependem da disponibilidade de nitrogênio, umidade e produção de carboidratos. Além destes fatores, a variação no nível de inibidores/promotores de crescimento nas folhas e/ou ramos afetam o padrão de crescimento da planta (Castro Neto, 1995).

Para o florescimento da mangueira, é importante que haja a paralisação do crescimento da planta e um período anterior de dormência, sendo essa diferenciação, em grande parte influenciada pelas condições ambientais e tratos culturais (Singh, 1960).

As variedades apresentam fruto tipo drupa, com características muito variáveis quanto ao tamanho, forma, peso, coloração da casca, que é coriácea, e a polpa com vários tons de amarelo; as sementes variam também em termos de forma e tamanho. A mangueira se caracteriza por apresentar baixa eficiência em termos de frutificação, considerando-se que em torno de 0,1% das flores hermafroditas chegam efetivamente a frutificar (Silva, 1997). Para Popenoe (1917), a queda indica a necessidade de polinização das flores, pois, em alguns casos os frutos desenvolvem-se partenocarpicamente, contudo, muitos desses caem ao atingirem 2,4 cm de diâmetro. No estudo da frutificação da mangueira, a fixação e a queda dos frutos adquirem uma importância fundamental, uma vez que determinam a colheita final (Doni, 1974).

Ecofisiologia da mangueira

A mangueira, considerada uma frutífera tropical, é cultivada nas mais diversas regiões equatoriais e mesmo nas subtropicais, que apresentam, em muitos casos fatores climáticos limitantes ao seu desenvolvimento, florescimento e

frutificação (Silva, 1997). O ambiente possui uma influência profunda no crescimento e florescimento da mangueira (Whiley et al., 1989), sendo os fatores: luminosidade, temperatura diurna e noturna, umidade do ar e do solo, os mais importantes que afetam o desenvolvimento da mangueira.

Luminosidade

Existem poucas informações sobre os efeitos da luz nas trocas gasosas da folha da mangueira. Alguns autores estudaram a correlação entre a luminosidade e a atividade fotossintética e apesar dos resultados dos estudos não terem sido conclusivos, foi sugerida uma diferença entre a atividade fotossintética das folhas diretamente expostas ao sol quando comparadas com as folhas sombreadas da parte interna da copa (Schaffer & Gaye, 1989). A relação entre a atividade fotossintética das folhas e o florescimento da planta não foi investigada pelos autores, contudo, para Maranca (1975), a mangueira poderá florescer à sombra porém, só irá frutificar bem com luz solar direta e abundante. A maioria das panículas emitidas se situam na periferia da copa, posição que favorece a insolação sobre as mesmas, auxiliando a abertura de flores e reduzindo o ataque de fungos.

Temperatura

Todos os seres vivos apresentam limites de temperatura bem definidos. Qualquer deficiência ou excesso resulta em alterações no seu metabolismo e, conseqüentemente, em seu desenvolvimento normal (Mandelli, 1984).

A temperatura é um dos elementos climáticos mais importantes para a mangueira (Simão, 1971), influenciando na vegetação, florescimento e frutificação (Donadio, 1980). A faixa de temperatura entre 19,5 a 27°C é considerada como ideal para o cultivo e, temperaturas altas até 45°C não são prejudiciais à mangueira durante as diferentes fases de crescimento da planta, a menos que venham acompanhadas de baixa umidade e ventos fortes, o que aumentaria a transpiração e perda de água, perturbando o balanço hídrico (Castro Neto, 1995).

A mangueira responde claramente a uma determinada combinação de temperatura diurna e noturna. Muitas pesquisas evidenciaram este fenômeno. A mangueira Haden, por exemplo, requer uma combinação de temperatura diurna/noturna de 19/13°C ou 25/19°C por um período de duas ou mais semanas para alcançar uma floração de 60 a 80% (Shu & Sheen, 1987).

Uma das causas da baixa produtividade da mangueira é a ocorrência de baixas temperaturas, na época do florescimento, o que causaria injúrias nas estruturas reprodutivas (Sturrock, 1966). Além disso, a ocorrência de baixas temperaturas propiciaria condições favoráveis ao desenvolvimento de oídio (*Oidium mangifera* B.), que pode provocar a queda total das flores e frutos jovens (Costa, 1988).

Crescimento e graus-dia

O conceito de graus-dia data de 200 anos atrás. O crescimento de uma planta é diferente de acordo com a quantidade de calor a qual ela é submetida durante toda a sua vida, e essa quantidade de calor é expressa em graus-dia (Mota, 1987).

O conceito de unidades térmicas relaciona a taxa de desenvolvimento da planta com a temperatura acumulada acima da temperatura mínima basal (Monteith, 1981). Segundo Piza Jr. et al. (1995), a experiência tem demonstrado que durante o ciclo de uma cultura, o somatório das unidades térmicas, medido em graus-dia, é relativamente constante, independentemente da época de plantio e local onde é feito o cultivo, desde que não ocorram outros fatores limitantes como, por exemplo, deficiência hídrica.

Mota (1987) cita que Abbe (1905) e Holmes & Robertson (1959), sugerem existir uma "temperatura-base" abaixo da qual as plantas não se desenvolvem e que cada planta tem a sua "temperatura-base". Para estes autores, zero de vegetação é a temperatura abaixo da qual não ocorre desenvolvimento vegetativo.

A temperatura base para a qual a mangueira não apresenta crescimento e desenvolvimento tem sido 9°C (Davenport, 1997). Sendo assim, a determinação da época de colheita pode ser feita com base na quantidade de calor que a planta acumula acima de 9°C.

O acúmulo de graus-dia também tem sido usado para calcular a melhor época de colheita da manga. Para a cultivar Carabao, Bugante citado por Lizada (1991) estabeleceu um período de 110 -130 dias para o fruto atingir a maturação, baseado na acumulação de 1000 unidades de calor usando como temperatura-base 17,9°C. De maneira semelhante, para a cultivar Nang Klangwan, em Pakchong nordeste da Tailândia, Ketsa et al. (1992) encontraram 109 a

118 dias da fixação do fruto à maturação, sendo que o calor acumulado oscilou de 991 a 1006 graus-dia.

Umidade relativa do ar

Produção satisfatória de manga pode ser obtida em áreas tropicais e subtropicais de alta ou baixa umidade (Campbell, 1984).

A exigência mínima da mangueira em termos de precipitação seria 1.000 mm/ano, sendo cultivada entretanto, em regiões que apresentam de 500 a 2.500 mm/ano. A ocorrência de um período mais seco durante quatro a cinco meses proporciona à mangueira condições de atingir altas produções, em decorrência da diminuição do ataque de fungos e do favorecimento da floração, polinização e fixação dos frutos (Silva, 1997).

Em todos os locais nos quais a mangueira tem importância comercial ocorre um período seco na época de florescimento, como Índia, Flórida, São Paulo, Nordeste do Brasil, Israel e Austrália. Áreas tropicais úmidas, com temperaturas elevadas e precipitações freqüentes, induzem a mangueira a um crescimento vegetativo intenso, em detrimento de florescimento e frutificação (Simão, 1971).

REGULADORES DE CRESCIMENTO

Em fruticultura, o uso de reguladores de crescimento vegetal tem adquirido grande importância, pois com seu emprego é possível modificar diferentes processos fisiológicos levados a cabo em forma natural pelas plantas. Um regulador de crescimento vegetal é um composto orgânico diferente dos nutrientes que, em pequenas quantidades promove, inibe ou modifica de alguma maneira os processos fisiológicos vegetais (Weaver, 1976).

O modo de ação dos promotores de crescimento envolve a ligação do hormônio a um receptor na membrana plasmática (proteína G); a amplificação do efeito hormonal por mensageiros secundários (trifosfato de inositol, diacilglicerol, proteína quinase C, Ca^{2+} calmodulina); a ativação de um carregador de H^+ (ATPase), que provoca a acidificação em compartimentos da parede celular, promovendo ativação de enzimas (endo-trans-glicosilase ou -glucam sintetase), capazes de romper e refazer ligações entre microfibrilas da parede ou provocar a quebra de seus polissacarídeos, liberando oligossacarinas que podem estar relacionadas com um sistema regulador gênico que leva à transcrição de novo RNAm, responsável pela síntese de novas enzimas que podem atuar na morfogênese (Castro, 1992).

Em certas ocasiões, a resposta aos reguladores vegetais pode ser pequena ou não se produz, podendo, todavia, existir também fatores que a modificam quantitativamente. Assim, a interação com fatores ambientais deve ser conhecida. As condições do meio podem alterar o metabolismo da planta e, com isso, a resposta aos reguladores vegetais. As condições de cultivo, tais como tipo de solo, irrigação, fertilização, controle de plantas invasoras, estado fitossanitário das árvores etc., provocam múltiplas interações capazes de alterar o resultado. Provavelmente, a influência que tais fatores exercem sobre a síntese e a acumulação dos reguladores vegetais e, portanto, no desenvolvimento dos órgãos, é a causa de sua influência na resposta (Castro et al., 1996).

A atividade hormonal tem sido explicada através da ação que exercem algumas substâncias (hormônios) sobre a expressão da informação genética, da atividade enzimática e a função das membranas. O resultado final é consequência da interação entre todas elas, umas promovendo processos, outras inibindo, isso se traduz em regulação do desenvolvimento (reguladores de desenvolvimento). No caso dos frutos, este resultado depende tanto da biossíntese, pelo fruto, de diversos hormônios, como do seu transporte para ele ou da exportação a outras partes da planta, e de sua inativação através de sua conjugação com outros compostos ou de seu catabolismo (Agustí, 1999).

Os inibidores do desenvolvimento atuam impedindo o desenvolvimento do fruto, isto é, provocando sua abscisão. Como sua presença é em geral em todos os frutos com semente e sem semente, sua ação se estende à interação com os promotores, de modo que esse equilíbrio entre ambos os grupos de reguladores de desenvolvimento é que determina o crescimento e desenvolvimento posterior do fruto (Takahashi et al., 1975)

Auxinas

O ácido naftalenacético (ANA) é uma auxina sintética, comumente empregada para induzir a formação de raízes adventícias em podas e reduzir a queda de frutos nas colheitas de âmbito comercial (Bartel, 1997).

Os pioneiros neste campo demonstraram que alguns reguladores de crescimento, quando utilizados sob a forma de pulverização, em concentrações diluídas, poderiam inibir a abscisão e então, efetivamente, retardar a queda de

maçãs na pré-colheita. Das dez substâncias por eles testadas, o ácido naftalenoacético (ANA), o naftaleno acetamida e os sais do ANA se destacaram por sua efetividade. Aparentemente, as sementes em desenvolvimento constituem fontes de auxina (Raven et al., 1978). Neste sentido, Luckwill, nos anos 40, demonstrou a presença de auxinas em sementes de maçãs durante seu desenvolvimento inicial, e Abbott nos anos 50 conseguiu demonstrar que a eliminação das sementes promovia a abscisão dos frutos e que elas poderiam ser substituídas em sua ação pela adição de auxinas.

Resultados obtidos por Batjer (1948), indicam que a folhagem é a principal responsável pela geração do estímulo do ANA, no que se refere ao retardamento da queda de frutos. O período de efetividade do ANA é relativamente curto (10 a 28 dias), variando segundo a cultivar e a temperatura subsequente à aplicação, sendo esta uma das limitações deste regulador de crescimento (Childers, 1969; Martinez-Zaporta, 1964 e Overholser et al., 1943), que requer carência de 3 dias, antes de se tornar efetivo (Childers, 1969).

Floração

A floração das plantas é conseqüência de um conjunto de fatores promotores e inibidores, a maior parte deles desconhecidos (Agustí, 1999).

O entendimento dos vários fatores externos e internos que envolvem a indução do florescimento em mangueira é crucial para o desenvolvimento de uma prática de cultivo satisfatória e o alcance de rendimentos regulares (Singh, 1960).

Para Agustí & Almela (1991), a produção das plantas frutíferas depende, sobretudo, da floração. Em alguns casos não é o número insuficiente de flores que limita a colheita, mas, sim, a fixação destas, que pode estar comprometida quando o número de flores formado por planta é excessivo. Ambos os fatores, floração e fixação, com o tamanho final do fruto, determinam, portanto, a colheita. Seu conhecimento fica plenamente justificado quando se quer melhorar a produção (Castro et al., 1996).

O florescimento é a fase crítica na determinação da produtividade, sem o qual a formação do fruto é impossível, embora a frutificação esteja correlacionada ao florescimento somente quando este é escasso ou demasiado (Becerra & Guardiola, 1984).

Diversos modelos de floração (Figuras 1 e 2) têm sido proposto por diferentes pesquisadores (Davenport, 1997 e Chacko, 1991). Nesses modelos pode-se ver o efeito dos fatores ambientais, como temperatura, umidade do ar e precipitação sobre a indução do florescimento da mangueira. No entanto, os fatores fisiológicos, como o controle hormonal da floração, é apenas representado pela ação da giberelina e de outros hormônios, como o etileno e as auxinas que influenciam o florescimento da mangueira. O processo de floração ainda possui muitas respostas para serem respondidas antes que se possa controlá-lo completamente.

Os modelos de floração da mangueira são fundamentais para a determinação de métodos de indução do florescimento e do manejo adequado para a cultura. Muitas vezes são estudos que testam deferentes substâncias para o florescimento, ou que procuram investigar o papel de possível regulador/inibidor no processo de florescimento. Sendo assim, muitas substâncias, embora provoquem o florescimento da planta, ainda falta uma explicação para o seu papel na indução. Uma dessas substâncias é o Nitrato de Potássio (KNO_3), que nas condições tropicais semi-áridas do Nordeste Brasileiro promove uma aceleração na floração da mangueira e nenhum efeito nas regiões subtropicais da Flórida. Explicação para esse fato pode ser devida a uma inibição dos mecanismos responsáveis pela resposta do KNO_3 induzida pelas temperaturas mais amenas dos climas subtropicais. Também, o forte estímulo floral gerado em climas subtropicais pode mascarar completamente o efeito do KNO_3 .

Baseado nos modelos de florescimento, os pesquisadores e produtores têm sugerido diversos métodos de indução do florescimento da mangueira. Na região do pólo irrigado Juazeiro/Petrolina, a indução do florescimento (Figura 3) é feita com a utilização do paclobutrazol, aliando a uma série de outros elementos químicos que ainda não existe confirmação científica da sua eficiência. Contudo, observação visual da intensidade de floração tem revelado a eficiência dos agroquímicos utilizados.

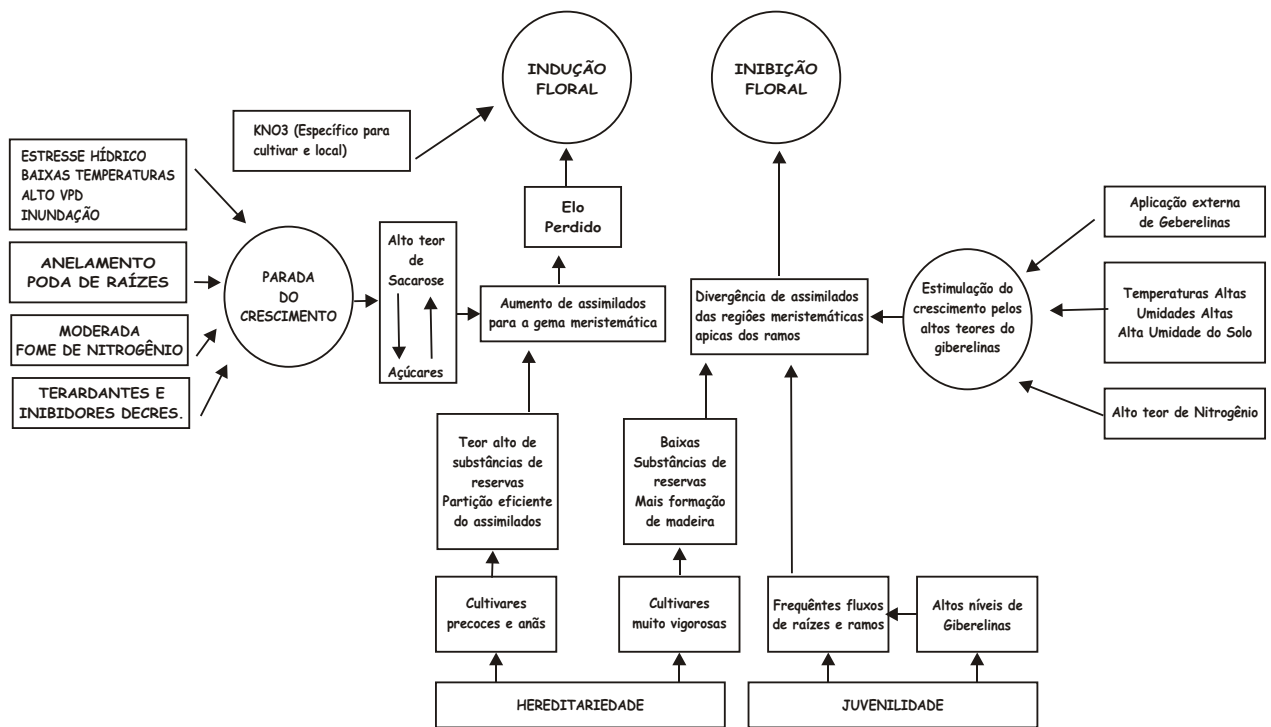


Figura 1. Relação entre os diversos fatores fisiológicos e ambientais sobre a floração da mangueira (Adaptado de Chacko, 1991).

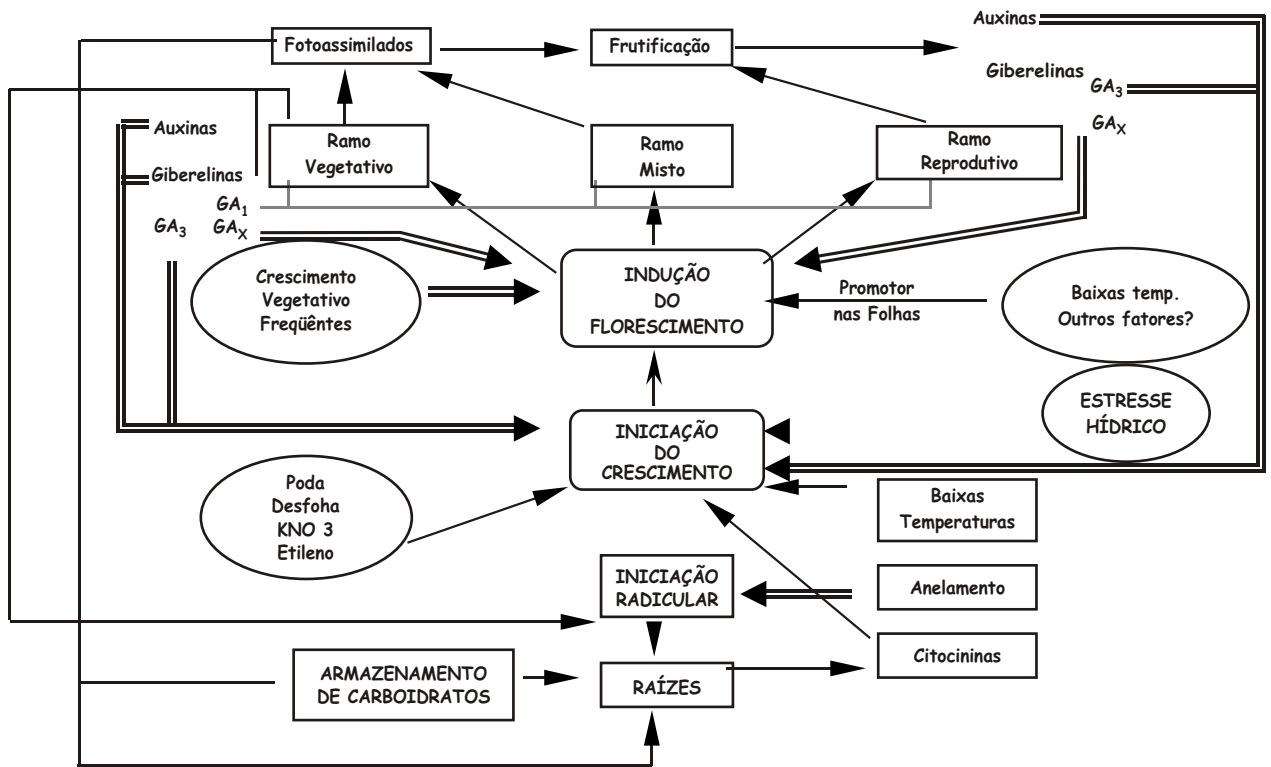


Figura 2. Modelo de floração segundo Davenport 1997. Linhas simples indicam fatores promotores da floração. Linhas duplas indicam fatores que inibem a floração.

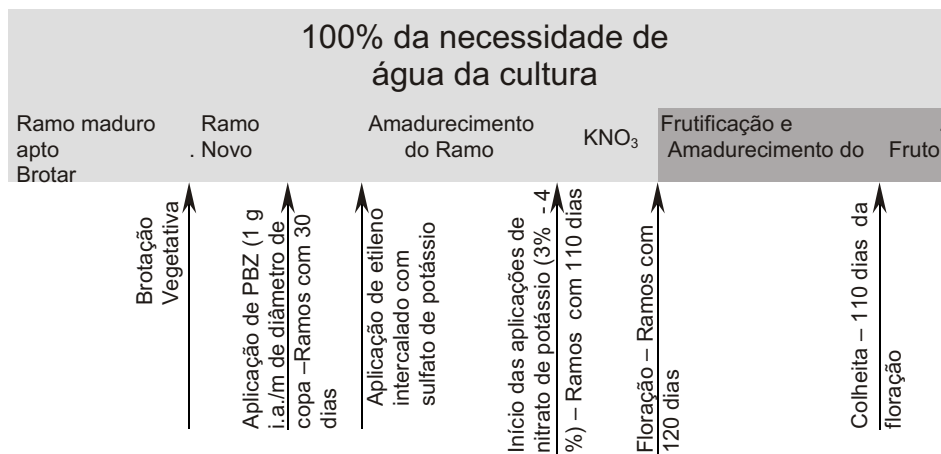


Figura 3. Esquema mostrando o manejo de floração da mangueira sob irrigação e em clima tropical semi-árido. (Adaptado de Castro Neto, 2004)

Crescimento dos frutos

Nas culturas, o rendimento econômico resulta do crescimento ou armazenamento de reservas em partes de valor comercial. A modificação da distribuição de fotoassimilados em benefício de partes de interesse econômico pelo melhoramento genético, pela utilização de reguladores químicos ou por intermédio de práticas de manejo constitui, potencialmente, maneiras de se aumentar a produtividade agrícola. Todavia, em condições de campo, a distribuição de assimilados para partes de importância econômica pode ser limitada por fatores externos, que fazem com que a força do dreno passe a ser limitante (Watson, 1971).

A iniciação de estruturas reprodutivas é um evento fenológico em que a distribuição de assimilados é redirecionada. Frutos e sementes em crescimento constituem drenos com alta capacidade mobilizadora de assimilados. É possível que em muitos casos o seu acúmulo, nesses drenos, sofra limitações pela fonte. A área foliar disponível por fruto é muitas vezes insuficiente para manter um crescimento adequado. Drenos vegetativos sofrem restrições ou mesmo paralisação no crescimento. A taxa de translocação de assimilados para um dreno específico pode ser estimada pela taxa de acúmulo de matéria seca desse dreno (Almeida & Valle, 1995).

Potencialmente, as células e órgãos apresentam crescimento diferenciado, mas seguem um padrão. As interações mútuas entre indivíduos, no entanto, impõem limitações, cuja curva sofre inflexões, tomando a conformação sigmóide. Isto significa que, a princípio, o crescimento é relativamente lento, vindo a seguir um período de aceleração e, uma fase em que o crescimento diminui até cessar, com a expansão máxima do órgão ou organismo. Parâmetros como volume, peso, superfície, altura, conteúdo de proteínas mostram padrão sigmóide quando analisados no decorrer da vida da planta (Miller, 1967; Reis & Muller, 1978).

A eficiência do crescimento das plantas e de seus órgãos varia sensivelmente em função da idade e das condições ambientais (Reis & Muller, 1978).

O desenvolvimento dos frutos, particularmente os frutos carnosos, é fisiologicamente muito semelhante ao crescimento vegetativo. A formação das partes que compõem um fruto engloba as mesmas três fases verificadas no desenvolvimento dos órgãos vegetativos, isto é, a divisão, o aumento de volume e a diferenciação celular (Meyer et al., 1973). Estas fases correspondem, respectivamente, às fases logarítmicas, linear e senescente do crescimento sigmóide. Na primeira, o tamanho aumenta exponencialmente com o tempo, significando que o crescimento é lento no início, mas aumenta continuamente; na segunda, ocorre o crescimento em taxas máximas e a terceira caracteriza-se pela redução da taxa de crescimento, expansão máxima, maturidade e senescência (Salisbury & Ross, 1985).

A divisão celular anterior à antese e a expansão celular após a antese, parecem ser os principais determinantes do aumento do peso da matéria fresca dos frutos carnosos. Contribuição adicional, porém menor, resulta da divisão celular após a antese e de um aumento na concentração de solutos. O acúmulo de matéria seca é determinado pelos mesmos fatores e o aumento do volume do fruto deve-se tanto ao incremento do número como ao tamanho das células (Coombe, 1976). Em geral, o crescimento por divisão celular é de curta duração, enquanto que a expansão celular pode continuar até a maturidade (Chitarra & Chitarra, 1990).

Os frutos em desenvolvimento constituem um dos reservatórios da planta para onde se translocam muitas substâncias. Num mesmo fruto as quantidades destas diversas substâncias que se deslocam para cada uma das

várias regiões meristemáticas diferem consideravelmente e quando qualquer uma destas substâncias torna-se deficiente num fruto, a sua taxa de crescimento diminui (Meyer et al., 1973).

Os frutos, dependendo da espécie, apresentam curvas de crescimento caracterizadas como sigmóide-simples, duplo-sigmóide ou triplo-sigmóide (Coombe, 1976).

De acordo com Castro Neto et al. (2004), o crescimento do fruto da mangueira pode ser representado por uma curva sigmóide. Esta curva pode adquirir características diversas segundo a cultivar, a época e as condições ambientais em geral (Albuquerque et al., 1999).

O período de desenvolvimento do fruto da mangueira, de acordo com as condições climáticas e do manejo em cada região, é de 120 a 150 dias, da floração à colheita (Silva, 1997) e está dividido em quatro estádios. A primeira fase, denominada estágio juvenil, inicia-se com a fertilização da flor e se estende por três semanas, caracterizando-se por um rápido crescimento celular. O segundo estágio, que se estende até o 40º dia, caracteriza-se pelo contínuo crescimento do fruto. O terceiro estágio evidencia o processo de maturação, com o fruto apresentando profundas transformações químicas e físico-químicas e se estende até o 77º dia. O quarto estágio caracteriza-se pela senescência do fruto (Salunke & Desai, 1984). Dentre as fases do desenvolvimento de frutos, a que tem despertado maior interesse é o amadurecimento, já que nesta fase, segundo Gortner et al. (1967), o fruto atinge a máxima qualidade comestível.

O tamanho é uma das características do fruto mais enfatizada pela indústria, dada a influência que tem no rendimento industrial e no custo de produção da conserva (Sachs & Rheingantz, 1967).

O fundamento da análise de crescimento é a medida seqüencial da acumulação da matéria orgânica e a sua determinação é feita normalmente considerando o peso da matéria fresca e/ou seca (Calbo et al., 1989).

O conhecimento de aspectos relacionados ao crescimento do fruto e a sua associação com o ponto de maturidade fisiológica é de considerável importância por subsidiar o planejamento de novos projetos de pesquisa, bem como fornecer informações que podem ser repassadas, a curto prazo, aos agricultores (Fonseca & Cruz, 1994).

Aborto de Frutos

O tipo de floração, o número de flores formadas e sua disposição, a queda de frutos, o potencial de crescimento dos frutos, a reposição de nutrientes em função da demanda da planta, dentre outros fatores, determinam o pegamento de frutos. Numa maior floração ocorre uma menor fixação, basicamente em decorrência da competição por nutrientes, tendo maior possibilidade de fixação, as flores que estejam em melhor disposição na planta (flores companheiras e aquelas que se encontram em brotações com folhas). O percentual de pegamento de frutos, dificilmente supera o valor de 5,0% em relação às flores inicialmente formadas.

Segundo Abeles et al. (1971), a abscisão é regulada por um balanço entre fatores de juvenildade (presumivelmente auxinas) que estão diretamente relacionados com o desprendimento das folhas e frutos e com a presença de enzimas que degradam a parede celular. Para Simão (1958), são inúmeros os fatores determinantes da queda dos frutos e das flores das árvores frutíferas, entre outros: falta ou excesso de umidade, ação dos ventos, mudanças bruscas das condições climáticas, fatores hereditários, solos impróprios, cargas excessivas, plantas de primeira floração, ataque de pragas e doenças, falta de polinização, falta de afinidade da enxertia e ausência de luz.

Krezdorn (1986) definiu fixação como o estágio de desenvolvimento em que, a partir deste, provavelmente os frutos chegarão à maturação, excluído posteriores abscisões causadas por estresse fisiológico, danos mecânicos ou devido a injúrias de pragas ou patógenos. Normalmente, a fixação ocorre após a queda fisiológica, disfunção decorrente, provavelmente, da competição dos frutos em desenvolvimento por carboidratos, água e outros metabólitos, sendo, entretanto, um processo intimamente regulado pelo balanço hormonal da planta (Powell & Krezdorn, 1977).

A mangueira é sujeita à pesada e continuada queda de frutos, havendo redução dos mesmos de acordo com a posição ocupada na panícula (Singh et al., 1959). Na Índia, em condições normais de cultivo da mangueira, menos 0,1% dos frutos de flores hermafroditas se desenvolvem em frutos maduros. Mais de 99% são abortados (Castro Neto, 1995). Barnell (1939), Wolfenbarger (1957) e Simão (1958) verificaram que de centenas de frutos existentes inicialmente na panícula, normalmente um só e excepcionalmente dois frutos chegam ao final do ciclo. Apenas 25% das panículas mantêm de um a três frutos até a maturação. Essa frutífera realiza um "desbaste" natural, considerando-se que dos frutos formados, 60 a 90% caem nos primeiros 30 dias; 94 a 99% aos 60 dias, restando ao final apenas 0,67 a 0,70% dos frutos inicialmente fixados, isto é, menos que 1% dos frutos atingem o estágio de maturação (Simão, 1971).

A variedade Haden apresenta: 0,010% de frutos como porcentagem de flores perfeitas; 0,0025% de frutos como porcentagem do número total de flores; 3,3% de frutos por panícula e 50 frutos maduros por árvore.

A média de 0,4 frutos por panícula foi fixada até a colheita, em oito variedades estudadas por Jawanda & Singh

(1961).

Transformações físico-químicas no fruto

A manga sofre diversas transformações físico-químicas e químicas durante o desenvolvimento e amadurecimento. O teor de umidade é relativamente baixo (70%) nos estádios iniciais do desenvolvimento do fruto, alcança um máximo na sexta semana após a fecundação (86%) e então declina lentamente até a colheita. Após a colheita, o processo se acentua com a senescência (Subramanyam & Krishnamurthy, 1975).

Os ácidos cítricos, seguidos pelo tartárico, málico, oxálico e o glicólico são os mais comuns em mangas. Durante os estádios iniciais de desenvolvimento, o fruto apresenta altos teores de ácidos orgânicos, que diminuem com o advento do processo de maturação. A redução da acidez durante o amadurecimento influencia o balanço ácido: açúcar e, conseqüentemente, o sabor e aroma dos frutos quando maduros (Lakshminarayana, 1980 e Medicott et al., 1986).

REFERÊNCIAS

ABELES, F.B.; LEATHER, G.R.; FORRENCE, L.E. et al. Abscission: Regulation of senescence, protein synthesis, and enzyme by ethylene. **HortScience**, v.6, n.4, p.371-76, 1971.

AGUSTÍ, M., Floración y frutificación de los cítricos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FRUTICULTURA, 1., 1999, Botucatu, SP. Produção e qualidade de frutos cítricos: anais. Botucatu: FAPESP, 1999. p.161-185.

AGUSTÍ, M.; ALMELA, V. **Aplicación de fitorreguladores em citricultura**. Barcelona: Aedos, 1991. 261p.

ALBUQUERQUE, J. A. S. de; MOUCO, M.A. do C.; MEDINA, V.D. et al. **O cultivo da mangueira irrigada no semi-árido brasileiro**. Petrolina, PE: EMBRAPA Semi-Árido/VALEEXPORT, 1999. 77p.

ALMEIDA, A-A. F. de; VALLE, R.R. Análise de crescimento do fruto e das sementes de sete genótipos de *Theobroma cacao* L. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.7, p.909-916, jul.1995.

BARNELL, E. Studies in tropical fruits. **Annals of Botany**, v.3, p.77-89, 1939.

BARTEL, B. Auxin Biosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v. 48, p. 51-66, 1997.

BATJER, L.P. The transmission of effect of naphthaleneacetic acid on apple drop as determined by localized application. **Proceeding American Society Horticulturæ Science**, Michigan, v. 57, p.74-80, 1948.

BECERRA, S.; GUARDIOLA, J.L. Inter-relationship between flowering and fruiting in sweet orange, cultivar navelina. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, v. 1, p. 190-194, 1984.

CALBO, A .G.; SILVA, W.L.C.; TORRES, A .C. Ajuste de funções não lineares de crescimento. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Piracicaba, v.1, n.1, p.9-17, 1989.

CAMPBELL, C.W. Tropical fruits and nuts. In: **CRC Handbook of Tropical Food Crops**, F. W. Martin, Ed. CRC Press. Inc. Flórida, 1984, 240p.

CASTRO, P.R.C. Ação auxínica. **Revista Agrícola**, v.67, n.2, p. 22-33, 1992.

CASTRO, P.R.C.; MEDINA, C. L.; PACHECO, A. C. Potencialidade para a utilização de reguladores vegetais na citricultura brasileira. **Laranja**, Cordeirópolis, v.17, n.1, p.109-121, 1996.

CASTRO NETO, M. T. de, Aspectos fisiológicos da mangueira sob condições irrigadas. **Informações técnicas sobre a cultura da manga no semi-árido brasileiro**, Brasília: EMBRAPA- SPI, 173p.1995.

CASTRO NETO, M. T. de, Introdução do florescimento da mangueira. **Instrução Técnica**, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2004.

CASTROS NETO, M. T. de; REINHARDT, D. H.; LEDO, C. A. S. Relationship Between Fruit Growth Parameter of 'Haden' Mango, **Acta Horticulturae**, v. 645, p. 463-468, 2004.

CHACKO, E. K. Mango Flowering - Still an enigma!, **Acta Horticulturae**, 291, Mango, 1991, p. 12-21.

CHILDERS, N. **Modern fruit science**. 4 ed. New Brunswick: Somerset Press. 1969. p. 203-207.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEP, 1990. 320p.

COOMBE, B.G. The development of flesh fruits. **Annual Review of Plants Physiology**, Palo Alto, v.27, p. 207-28. 1976.

COSTA, J.L. As moléstias mais importantes da manga. **Toda Fruta**, São Caetano do Sul, n.21, p.41-43, 1988.

DAVENPORT, T. L.; R. Núñez-Elisea. Reproductive Physiology, (In) Richard E. Litz, **The mango**: botany, production and uses, Cab International, New York, NY, Chapter 4, p. 69146, 1997.

DONADIO, L.C. **Cultura da mangueira**. Piracicaba, SP: Livroceres, 1980, 67p.

DONI, M.E. **Florescimento e frutificação da mangueira (*Mangifera indica*, L.), variedade Haden**. 1974. 51p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FAO. **Produção de manga**. Roma. 1999. URL: <http://www.faostat>.

FONSECA, N.; CRUZ, J.L. Crescimento e maturação pós-colheita do fruto de duas variedades de manga. In; CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, 1994, Salvador, BA. **Anais...** Salvador, BA: SBF, 1994. v.2, p.744-745.

GORTNER, W. A. .; DULL, G.G.; KRAUSS, B.H. Fruit development, maturation, ripening, and senescence: a biochemical basis for horticultural terminology. **Hortscience**. v. 2, n.4, p.141-44, 1967.

JAWANDA, J.S.; SINGH, K.K.; Floral biology and fruit drop in some mango varieties of Punjab. **Indian Journal of Agriculture Science**, New Delhi, v. 31. n. 2, p.81-91, 1961.

KETSA, S.; JAIPET, A.; SUBHADRABANDHUS, S. Fruit growth, desenvolvimento, biochemical changes, and maturity indices of Nang klangwan mango. INTERNATIONAL MANGO SYMPOSIUM, 4., Miami Beach, Univ. Florida. **Abstracts...**, p. 38, 1992.

KREZDORN, A. H. Citrus flowering and fruit set. In: FERGUSON, J.J. (Ed.) **Citrus flowering, fruit set and development**. Gainesville:University of Flórida, 1986. P.1-14. (Fruits Crops Development, 4.)

- LAKSHMINARAYANA, S. Mango. In: NAGY, S. & SHAWP, E. **Tropical and Sub Tropical Fruits Composition Properties and uses**. Westport, AVI, p. 185-257, 1980.
- LIZADA, M.C. Postharvest physiology the mango -A review. **Acta Horticulturae**, n.291, p.437-453, 1991.
- MANDELLI, F. **Comportamento fenológico das principais cultivares de *Vitis vinifera* L. para a região de Bento Gonçalves, R.S.** 1984. 125p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP. Piracicaba.
- MARANCA, G. **Fruticultura comercial: manga e abacate**. São Paulo: Nobel, 1975. 100p.
- MARTINEZ-ZAPORTA, F. **Fruticultura**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agronomicas, 1964. p. 180-243.
- MEDLICOTT, A.P.; REYNOLDS, S.B.; THOMPSON, A .K. Effects of temperature on the ripening of mango fruit (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins. **Journal of Science and Food Agriculture**. London, v.37, p.469-474, 1986.
- MEYER, R.; ANDERSON, D.; BOHNING, R. **Introdução à fisiologia vegetal**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1973. 170p. Tradução de Sara Amâncio e outros.
- MILLER, E.V. Crescimiento y desarrollo. In: **Fisiologia Vegetal**, México, D.f.: Uteha, 1967. P.188-204.
- MONTEITH, J.L. Climatic variation and growth of crops. **Quartely Journal of the Royal Meteorological Society**, v.107, p.749-774,1981.
- MOTA, F.B. da. **Meteorologia Agrícola**. 7 ed. São Paulo:Nobel, 1987. 367p.
- OVERHOLSER, E.L.; OVERLEY, F.L.; ALLMENDIGER, D.F. Three-year study of preharvest sprays in Washingtons. **Proceedings American Society Horticulturae Science**, Michigan, 42: p.211-219, 1943.
- PIZA JR., CT.; SENTELHAS, P.C.; SOARES, N.B.S. et al. **Abacate - zonas climáticas de maturação**. Campinas: CATI, 1995, 45p.(Boletim Técnico, 225).
- POPENOE, W. **The pollination of the mango**. Departmente of Agriculture, Washington, 1917. 20p. (Bulletin, 542).
- POWELL, A. A.; KREZDORN, A. H. Influence of fruit-setting treatment on translocation of ¹⁴C-metabolites in citrus during flowering. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, St Joseph, v. 102, p. 709-714, 1977.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; CURTIS, H. **Biologia vegetal**, Rio de Janeiro: Guanabara Dois., 1978. 724p.
- REIS, G.G.; MULLER, M.W. **Análise de crescimento de plantas-mensuração do crescimento**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1978. 35p.
- SACHS, S.; RHEINGANTZ, O. L. O . A influência do tamanho do pêssego no rendimento, na mão-de-obra de enlatamento, no custo de produção e na qualidade de compota. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, 2: p.437-40, 1967.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. 3 ed. Belmont, California: Wadsworth, 1985. 540p.

- SALUNKE, D.K.; DESAI, B.B. **Postharvest biotechnology of fruits**. Boca Raton. CRC Press. v. 1, p. 77-93, 1984.
- SCHAFFER, B.; GAYE, G.O. Net gas exchange and chlorophyll and nitrogen content of mango leaves as influenced by development light environment. **HortScience**, n. 24, p. 507, 1989.
- SHU, Z.H.; SHEEN, T.F. Floral induction in axillary buds of mango (*Mangifera indica*) as affected by temperature, **Scientia Horticulturae**, Amsterdam-Netherlands, v. 31, p. 81, 1987.
- SILVA, C. R. de R. e. **Fruticultura tropical**. Lavras:UFLA/FAEPE, 1997. 378 p.
- SIMÃO, S, Causas que determinam a queda dos frutos. **Coopercotia**, n. 95, p. 33-34, 1958.
- SIMÃO, S. **Manual de fruticultura**. Piracicaba: Ceres. 1971. 530p.
- SINGH, L. B. Further studies on biennial bearing in mango as related to the chemical composition of shoots. **Horticulture Advance**, n. 4, p. 38-47, 1960.
- SINGH, K.K.; SINGH, S.; CHADHA, K.L., Effect of some plant regulators on fruit drop in mango. The **Indian Journal of Horticulture**. v. 16, n. 2, p. 86-91. New Delhi, 1959.
- STURROCK, T.T. The mango inflorescence. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, Delan, n.79, p.366-369, 1966.
- SUBRAMANYAM, H.; KRISHNAMURTHY, P. Physiology and biochemistry of mango fruit. **Advances in Food Reserach**, New York. v.21, p.223-235, 1975.
- TAKAHASHI, N.; YAMAGUCHI, I.; KONO, T., Characterization of plant growth substances in Citrus unshiu and their change in fruit development. **Plant Cell Physiology**, v.16, p.1101-1111, 1975.
- WATSON, D.J. Size, and activity of productive system of crops. In: WAREING, P.F.; COOPER, J.P. (Eds.). **Potential crop productivity**. A case study. London: Heinemann Educational Books, 1971. p.76-88.
- WEAVER, R.J. **Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura**. México: Trilhas, 1976. 622p.
- WHILEY, A.W.; RASMUSSEN, J. B.; SAVANATH, J. B. et al. Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in the mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. **Journal Horticultural Science**. v. 64, n. 6, p.753-765, 1989.
- WOLFENBARGER, D.O, Insects in relation to fruitest of mango. **Proceedings of the Florida**, Florida, p.11-13, 1957.
- ZARATE, G.C.L. **Hábitos de florescimento da mangueira (*Mangifera indica* L.), cultivares Haden e Extrema**. 1976. 56p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz , Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CAPÍTULO 8

VIABILIDADE E VIGOR DE SEMENTES DE MILHO HÍBRIDO PRECOCE

Luciano Soares de Vasconcelos Sampaio,
Clóvis Pereira Peixoto, Maria de Fátima da Silva Pinto Peixoto
& Heraldo Soares de Vasconcelos Sampaio

VIABILIDADE E VIGOR DE SEMENTES DE MILHO HÍBRIDO PRECOCE

Luciano Soares de Vasconcelos Sampaio¹; Clóvis Pereira Peixoto¹; Maria de Fátima da Silva Pinto Peixoto¹; Heraldo Soares de Vasconcelos Sampaio¹

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: cppeixot@ufrb.edu.br

INTRODUÇÃO

A utilização de sementes de qualidade é um fator importantíssimo para o sucesso de culturas de importância econômica, pois possibilita a obtenção de uma boa emergência no campo e de plantas vigorosas e uniformes com reflexos na produtividade.

A análise de sementes pode ser utilizada para o monitoramento da qualidade desde o início da condução do campo, mas sua importância é mais destacada a partir da maturação, estendendo-se até as etapas de distribuição e comercialização. Sabe-se que a qualidade das sementes é avaliada com segurança, através da sua análise e da interpretação correta dos resultados.

É de fundamental importância que métodos padronizados forneçam dados confiáveis, como também a escolha dos métodos, mediante os quais possam ser obtidos resultados uniformes e comparáveis entre diferentes laboratórios.

Para um melhor entendimento desses aspectos será abordado a aplicação de diferentes testes em sementes de milho híbrido precoce, provenientes de três lotes da safra 1993/94, armazenados em câmara seca. Os vários testes aplicados foram divididos preliminarmente em de viabilidade e de vigor, sendo que alguns deles pode estar em uma e outra classe de testes, separados apenas por uma classificação didática.

DETERMINAÇÕES PRELIMINARES

Análise de pureza

A pureza física é uma característica que reflete a composição física ou mecânica de um lote de sementes. Para tanto, a amostra é examinada cuidadosamente e separada em três constituintes: sementes puras, outras sementes (de plantas cultivadas e de plantas silvestres) e material inerte. Desta forma, a análise de pureza é efetuada em laboratórios, procurando-se identificar as diferentes espécies de sementes e os materiais inertes geralmente presentes em uma amostra, bem como determinar a quantidade e a proporção desses constituintes (Marcos Filho et al., 1987).

De acordo com as Regras para Análise de Sementes (R.A.S.) (Brasil, 1992), os resultados referentes às sementes puras, materiais inertes e total de impurezas devem ser expressos em porcentagem por peso, com uma casa decimal. Quando estas porcentagens são inferiores a 0,05 deve ser mencionada na ficha de análise a palavra "traço". Os resultados das outras sementes são expressos em número por peso da amostra de trabalho ou por unidade de peso, especificando-se os nomes das espécies e cultivares presentes.

Na análise, verificou-se apenas duas sementes com dano mecânico visível (lote 1), algumas sementes aparentando infecção (lote 2) e as demais sementes com aparência física normal (lote 3). Dessa forma, a análise de pureza física pode ser considerada com 100% de pureza, sem a presença de outras sementes ou de material inerte.

Determinação do teor de água

O teor de água exerce grande influência sobre o comportamento da semente quando submetida a diferentes situações. Portanto, reveste-se de importância estudá-lo, uma vez que poderá influenciar no momento da colheita, principalmente se for mecanizada (influenciando na regulagem da máquina), no controle da secagem (temperatura, período e intensidade), no beneficiamento (trincamentos ou amassamento) e na manutenção da qualidade física, fisiológica e sanitária da semente.

Para sementes ortodoxas, quanto menor o teor de água e menor a temperatura, maior o período de

armazenamento. Por outro lado, sementes recalcitrantes, como as de seringueira, necessitam de alta umidade para manter a viabilidade. Em laboratório de análise de sementes, algumas determinações exigem conhecimento do teor de água (peso volumétrico, teste de vigor e peso de 1000 sementes). A Tabela 1 mostra os resultados médios do teor de água de sementes de milho híbrido precoce.

Tabela 1. Dados médios do teor de água (%) de sementes de milho híbrido precoce, Cv. AG 510, determinado em estufa a 105°C por 24 horas, utilizando-se quatro amostras para cada lote.

Lotes	Peso Úmido (g)	Peso Seco (g)	Teor de Água (%)
1 (LM-20)	24,84	21,95	11,6
2 (LM-18)	25,14	22,23	11,5
3 (LM-21)	24,60	21,70	11,7

TESTES DE VIABILIDADE

Teste de germinação

Em tecnologia de sementes, a germinação é definida como a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, manifestando sua capacidade para dar origem a uma plântula normal, sob condições ambientais favoráveis. Este teste visa a obtenção de informações que permitam determinar o valor das sementes para a semeadura e a comparação do valor de diferentes lotes. Obviamente, a semeadura de lotes com baixo poder germinativo pode acarretar prejuízos consideráveis ao agricultor (Marcos Filho et al., 1987).

Métodos de análise em laboratório, efetuados sob condições controladas de alguns ou de todos os fatores externos, têm sido estudados e desenvolvidos de maneira a permitir uma germinação mais regular, rápida e completa da maioria das amostras de sementes de uma determinada espécie. Estas condições consideradas ótimas são padronizadas, para que os resultados dos testes de germinação possam ser reproduzidos e comparados dentro de limites tolerados pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

A realização destes testes em condições de campo não é, geralmente, satisfatória, pois, dada a variação das condições ambientais, os resultados nem sempre podem ser fielmente reproduzidos.

As porcentagens de plântulas normais, anormais, sementes mortas, sementes duras e sementes dormentes são expressas em números inteiros, fazendo-se aproximação para mais se a fração for superior a 0,5, e, evidentemente, para menos quando é igual ou inferior a 0,5. Se qualquer destes valores for igual a zero, deve ser indicado com a palavra **zero**.

O estágio de desenvolvimento das estruturas essenciais das plântulas deve ser suficiente para permitir uma avaliação correta das mesmas, e a diferenciação entre as plântulas normais e anormais.

Os testes de germinação em substratos artificiais permitem uma fácil avaliação das plântulas. O prazo de germinação da maioria das espécies é entre uma a duas semanas. As plântulas são avaliadas normalmente em duas ocasiões durante o transcorrer do teste, e estas estão especificadas nas Regras para Análises de Sementes. Uma "primeira" contagem é feita para diminuir o número de plântulas no substrato. Somente plântulas absolutamente normais são removidas e contadas, como também as sementes duras e mortas.

Na contagem final, todas as plântulas são avaliadas, sendo classificadas como normais ou anormais, e anotadas. As sementes não germinadas são avaliadas e classificadas.

Os resultados dos lotes de milho híbrido, Cv. AG 510, encontram-se na Tabela 2 indicando o poder germinativo das amostras testadas através da média das porcentagens de plântulas normais presentes nas quatro repetições dos lotes estudados.

Tabela 2. Dados médios da porcentagem de germinação em três lotes de sementes de milho híbrido precoce, Cv. AG 510, em quatro amostras de 100 sementes.

Lotes	R1	R2	R3	R4
1 (LM-20)	96	98	100	94
2 (LM-18)	94	88	98	92
3 (LM-21)	92	96	94	98

Teste de tetrazólio

As empresas que comercializam sementes, os agricultores e os pecuaristas frequentemente se defrontam com problemas para escolha de lotes de sementes que pretendem adquirir, pois, muitas vezes, não podem protelar sua decisão, fato esse que ocorre com frequência. Portanto, o desenvolvimento de métodos para a determinação da viabilidade de sementes em um período de tempo relativamente curto, assume grande importância.

O teste de tetrazólio é um método rápido, que estima a viabilidade das sementes com base na alteração da coloração de tecidos vivos, em presença de uma solução de sal de tetrazólio. Os testes de germinação, na maioria das espécies cultivadas necessitam de 7 a 30 dias para obtenção dos resultados, enquanto o teste de tetrazólio pode informar a viabilidade das sementes em algumas horas. Por isso, tem grande importância para o setor de sementes, agilizando decisões de compra, venda, beneficiamento, armazenamento ou descarte de lotes.

Para sementes de milho, o teste de tetrazólio permite a obtenção dos resultados em menos de 24 horas, informando a viabilidade e o vigor, bem como as causas da perda da qualidade. Como essa avaliação é feita sem a germinação, não são identificados os microorganismos que infectam as plântulas e, em geral, os danos químicos causados por produtos utilizados no tratamento de sementes, como também, nem sempre é possível identificar danos mecânicos, quando muito recentes.

O teste de tetrazólio baseia-se principalmente na distribuição dos tecidos vivos e mortos no embrião. Por isso, para a avaliação do teste é necessário conhecer com segurança a estrutura das sementes. Além da coloração, são observadas a turgescência dos tecidos, ausência de fraturas em regiões vitais, danos causados por insetos e formação morfológica das sementes.

Nas sementes de milho, as áreas vitais são: plúmula, coleótilo, a região central do escutelo, a radícula, e a região situada entre a plúmula e a radícula, onde se encontram as raízes seminais. Diferenças na coloração dos tecidos pode não significar baixa viabilidade e sim alterações na sua permeabilidade. Sementes mais velhas, deterioradas ou danificadas, colorem-se mais rápida e profundamente e apresentam coloração vermelho-grená. As sementes vigorosas colorem-se vagarosamente, apresentando um tom rosa brilhante bem superficial, independentemente do período de permanência no tetrazólio, demonstrando que a solução teve dificuldade de penetrar nos tecidos devido à integridade das membranas celulares.

Testes de germinação paralelos aos de tetrazólio devem ser realizados para aferir a interpretação, sempre admitindo diferenças em torno de 5% entre seus resultados. Verifica-se na Tabela 3 os resultados com os dados médios de viabilidade por lote de milho híbrido precoce, Cv. AG 510, em amostras de 100 sementes.

Tabela 3. Dados médios de viabilidade (em porcentagem) por lote de milho híbrido precoce, Cv. AG 510, em amostras de 100 sementes.

Lotes	R1	R2	Média
1 (LM-20)	92	96	94
2 (LM-18)	91	92	92
3 (LM-21)	94	95	95

Comparando-se a porcentagem de germinação com a de viabilidade, verifica-se que os resultados são bastante próximos, com uma variação dentro da amplitude normal da amostra, que é de 3 a 5%.

TESTES DE VIGOR EM SEMENTES

O aumento da atividade produtora de sementes no Brasil, nos últimos anos, tem levado as empresas a buscarem um aprimoramento técnico de suas atividades, o que visa, basicamente, ao aumento de produtividade associado a um incremento na qualidade.

Assim, a tecnologia de sementes, como um segmento do processo de produção, tem procurado aprimorar os testes de germinação e vigor com o objetivo de que os resultados expressem a real qualidade fisiológica de um determinado lote de sementes. Dentro deste contexto, destacam-se, em particular, os estudos relativos aos testes de vigor.

O desenvolvimento do conceito de vigor em sementes data de períodos coincidentes com os primórdios da humanidade, no momento em que o homem passou a conviver e entender os outros seres vivos. Trata-se de um fator

biológico que se evidencia facilmente aos olhos a partir de uma observação, como em uma amostra de sementes postas a germinar, resultando plântulas com diferenças marcantes quanto à característica que se pretende observar.

O vigor de sementes é o reflexo de um conjunto de características ou propriedades que determinam o seu “potencial fisiológico”, ou seja, a capacidade de apresentar desempenho adequado quando expostas a diferentes condições de ambiente. Diante desta situação, vários métodos têm sido desenvolvidos para avaliá-lo com segurança.

O objetivo básico dos testes de vigor é a identificação precisa de “diferenças importantes” na qualidade fisiológica dos lotes comercializáveis, principalmente dos que possuem poder germinativo semelhante. Em outras palavras, pretende-se distinguir, com segurança, lotes com maior ou menor probabilidade de apresentar bom desempenho após a semeadura e/ou durante o armazenamento.

Para tanto, há disponibilidade de testes que procuram avaliar “o estado atual de sementes”, através da determinação de parâmetros associados ao vigor; havendo também, opções dirigidas à obtenção da “resposta” de sementes quando submetidas a condições específicas de ambiente, geralmente estresses. Dentre estes, talvez o mais popular é o teste de “envelhecimento acelerado, envelhecimento precoce, envelhecimento rápido ou envelhecimento artificial”.

Envelhecimento acelerado

Este teste, que avalia a resposta de sementes à temperatura e umidade elevadas, foi desenvolvido por Delouche (1965), citado por Marcos Filho et al. (1987), procurando prever o potencial relativo de armazenamento de lotes de trevo e de festuca. Estudo que se baseava em informações obtidas por Croker e Groves, em 1915, segundo as quais a morte de sementes durante o armazenamento era causada pela coagulação de proteínas e que o aquecimento “acelerava” este processo. Estes pesquisadores sugeriram que testes de germinação, conduzidos após a exposição relativamente rápida de sementes secas à temperaturas elevadas (50-100°C), poderiam ser úteis para prever a longevidade.

Em 1962, Helmer, Delouche e Lienhard estudaram a resposta de sementes de trevo à germinação, após alguns dias de exposição à alta temperatura e umidade e verificaram alta relação com o vigor de sementes e emergência de plântulas em campo, sugerindo que o “envelhecimento rápido ou acelerado” poderia ser muito útil para avaliar o potencial relativo de armazenamento das sementes.

Esta sugestão foi considerada por vários pesquisadores e o teste de envelhecimento passou a ser incluído em inúmeros projetos de pesquisa e, seus resultados, rapidamente divulgados pelos tecnólogos de sementes. Atualmente, o teste é utilizado para avaliar o vigor de diversas espécies e incluído em programas de controle de qualidade por empresas produtoras de sementes pois, em poucos dias, pode-se ter uma idéia do potencial de armazenamento dos lotes processados.

O teste de envelhecimento artificial tem sido conduzido com diferentes objetivos, dentre os quais se destacam a seleção de lotes para semeadura (com base no potencial de emergência das plântulas em campo), a avaliação do potencial de armazenamento, o auxílio à seleção de genótipos durante o melhoramento de plantas e o embasamento de programas de controle de qualidade de sementes.

Os testes de vigor oferecem apenas comparação entre o potencial fisiológico das amostras avaliadas, não permitindo “prever” a futura porcentagem de emergência de plântulas em campo nem estimar o período de conservação da qualidade das sementes durante o armazenamento.

Os dados apresentados na Tabela 4 permitem verificar que os valores absolutos obtidos no teste de envelhecimento, em geral, não se aproximaram da porcentagem de emergência das plântulas; no entanto, podem identificar as melhores e as piores amostras.

Tabela 4. Valores médios (%) para os lotes do Cv. AG 510 de milho híbrido precoce obtidos no teste de germinação após o envelhecimento artificial.

Lotes	Tratamentos				Médias
	1	2	3	4	
1 (LM-20)	64	68	60	8	50
2 (LM-18)	32	12	32	14	23
3 (LM-21)	18	52	40	40	38

Embora um único teste de vigor não seja capaz de caracterizar todas as interações possíveis entre as sementes e as condições ambientais predominantes antes, durante e após a colheita, bem como as verificadas por ocasião da semeadura, assume grande importância no que concerne à identificação das potencialidades dos lotes estudados, com relação à tolerância aos diferentes estresses que as sementes possam vir a submeter-se, após a semeadura, diferenciando portanto o lote **1**, como de maior potencial de emergência em campo, equanto decresce esta potencialidade nos lotes **3** e **2**.

Teste de frio com solo

O teste de frio é provavelmente o método mais utilizado para avaliar o vigor de semente. Foi desenvolvido, inicialmente, para avaliar o vigor de sementes de milho e, posteriormente, adaptado para outras espécies, procurando-se simular condições desfavoráveis que ocorrem com frequência durante a época de semeadura (excesso de água no solo e baixas temperaturas) na área denominada Cinturão do Milho nos Estados Unidos.

Atualmente, o teste de frio não é empregado apenas para espécies sujeitas a essa situação, pois considera-se que as sementes resistentes às condições desfavoráveis são mais vigorosas; assim, a combinação de baixas temperaturas e excesso de água no solo é utilizada para permitir apenas a sobrevivência de sementes vigorosas, pois essas condições podem afetar as sementes, reduzindo a velocidade de emergência e favorecendo o desenvolvimento de microorganismos patogênicos. Assim, é também um teste adequado para avaliar a eficiência de fungicidas (Cícero et al., 1989).

Os resultados do teste de frio são geralmente expressos em porcentagem de plântulas normais, considerando aquelas com o comprimento maior ou igual a 2,5 cm acima do nível do substrato (AOSA, 1983). Como este teste envolve o uso de solo, o qual apresenta alta variabilidade física e biológica, torna-se muito difícil a sua padronização, o que explica a obtenção de resultados desuniformes entre laboratórios. Desse modo, os resultados do teste de frio proporcionam, a princípio, a possibilidade de comparações entre lotes, mais do que valores absolutos para germinação.

Nos resultados da Tabela 5 observa-se um padrão de germinação entre os lotes que permite distinguir o lote **2** como mais sensível ao estresse provocado pela baixa temperatura e umidade elevada, uma vez que apresentou menor porcentagem de emergência de plântulas normais. Entretanto, encontra-se dentro do padrão estipulado por Grabe (1976) citado por Cicero (1992) e em Vieira et al. (1994), no qual lotes de boa qualidade devem apresentar, no mínimo, 70 a 85 % de plântulas normais.

Tabela 5. Valores médios (%) obtidos no teste de germinação para os lotes do Cv. AG 510 de milho híbrido precoce após o teste de frio com solo.

Lotes	Tratamentos				Médias
	1	2	3	4	
1 (LM-20)	92	94	96	100	96
2 (LM-18)	88	84	78	80	83
3 (LM-21)	86	88	94	84	88

Por outro lado, verifica-se um comportamento intermediário do lote **2**, destacando-se o lote **1**, como o mais promissor para germinar sobre amplas variações das condições de água e temperatura do solo, após a semeadura. No entanto, deve-se ter muito cuidado quando se faz comparação entre lotes, principalmente se esses são constituídos de genótipos diferentes. No caso de milho, observou-se melhor germinação sob condições de baixa temperatura e alta umidade, de híbridos duplos, seguidos pelos simples e linhagens (Cícero & Vieira, 1994).

Porcentagem de emergência de plântulas no campo

De acordo com Nakagawa (1994), os testes de campo são conduzidos em condições naturais de ambiente, de preferência na época recomendada para a semeadura da espécie em avaliação, pois assim obtém-se resultados diretamente aproveitáveis para a implantação da cultura ou tem-se um bom indicativo da potencialidade dos lotes em fase inicial de desenvolvimento no campo. Quando realizados fora de época recomendada, possibilitam ainda a comparação do vigor relativo entre os lotes em estudo; porém, alguns dos testes podem sofrer diminuição da sua sensibilidade face ao efeito das condições climáticas desfavoráveis, não possibilitando a diferenciação de vigor entre os lotes.

Estes testes apresentam o inconveniente da dificuldade de padronização face às diferenças das condições de campo, de uma região para outra (diferenças edáficas, climáticas, de população e atividades de microflora e microfauna) e de épocas do ano em uma mesma região (diferenças climáticas, de população e atividades da microflora e microfauna). Tendo em vista, entretanto, que um dos objetivos, se não o principal, dos testes de vigor é de verificar o potencial de emergência no campo em condições as mais amplas possíveis (favoráveis e desfavoráveis), nos estudos de teste de vigor ou nos trabalhos de avaliação de qualidade das sementes, é sempre interessante e recomendável a utilização destes em condição do campo. Em geral, os mais empregados são o de velocidade de emergência e o de porcentagem de emergência de plântulas. Este último, também denominados por alguns autores como de população inicial ou estande inicial, visa determinar o vigor relativo do lote de sementes avaliando a porcentagem de emergência de plântulas em condições de campo.

Os testes de vigor que se baseiam na avaliação de plântulas são realizados em laboratórios sob condições controladas ou em condições de campo (Nakagawa, 1994). Os que são conduzidos em laboratórios são classificados como métodos indiretos, em testes fisiológicos, enquanto os realizados em campo, inserem-se dentro dos métodos diretos.

Enquanto os testes de laboratório exigem instalações especiais e condições padronizadas de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), os de campo são conduzidos em condições naturais de ambiente, de preferência na época recomendada para semeadura da espécie em avaliação, para que possa ser um bom indicativo da potencialidade dos lotes em sua fase inicial de desenvolvimento no campo. Quando realizadas fora da época recomendada, possibilitam ainda a comparação relativa do vigor entre os lotes estudados; podendo, alguns testes, sofrerem perda da sensibilidade, dificultando a diferenciação de vigor entre os lotes.

A Tabela 6 mostra as porcentagens médias de emergência dos lotes estudados, indicando nítida diferenciação de vigor entre eles, com destaque para o lote 1, sendo o lote 2, como o de menor potencialidade de emergência em um campo de produção.

Como estes testes apresentam o inconveniente da dificuldade de padronização face às diferenças das condições de campo (edáficas, climáticas, população e atividade de microorganismos) e da própria semente (tamanho, dormência), deve-se ser bastante cuidadoso com sua interpretação, principalmente pela inexistência de valores referenciais. Os resultados dos testes são expressos em porcentagem e representam a média das repetições empregadas para cada lote em estudo.

Tabela 6. Dados médios da porcentagem de emergência de plântulas em lotes do Cv. AG 510 de milho híbrido precoce em campo.

Lotes	Tratamentos				Médias
	1	2	3	4	
1 (LM-20)	90	88	92	85	89
2 (LM-18)	84	77	72	82	79
3 (LM-21)	80	83	81	80	81

Velocidade de emergência de plântulas

Este teste tem como objetivo, determinar o vigor relativo do lote de sementes avaliando a velocidade de emergência de plântulas em condições de campo. Baseia-se no princípio de que é tanto mais vigoroso um lote de sementes quanto mais rápida for a emergência das plântulas no campo.

Este teste possibilita a comparação do vigor dos lotes semeados em uma mesma época, de preferência na época de semeadura recomendada para a cultura. Caso o teste seja feito em época distinta à recomendada para a cultura, haverá influência marcante da temperatura do meio sobre a velocidade de emergência, todavia não afetará o vigor relativo entre os lotes. O que não será sempre possível é a comparação entre os lotes obtidos em testes instalados em épocas distintas.

Calculou-se o número de plântulas emergidas nas quatro repetições para obter o valor do índice de velocidade de emergência (IVE) para cada lote. O lote cuja média foi maior é o que levou menos dias para a emergência das plântulas no solo; portanto, o que apresentou maior velocidade de emergência e conseqüentemente, maior vigor.

Nas Tabelas 7, 8 e 9, verifica-se o resultado do teste de velocidade de emergência de plântulas, empregando-se o IVE para cálculo, com base na repetição com 100 sementes no sulco ou linha, para cada lote estudado.

Tabela 7. Teste de velocidade de emergência de 100 sementes do Cv.AG 510 de milho híbrido precoce referente ao lote 1.

DAS	R1		R2		R3		R4	
	NPN	IVE	NPN	IVE	NPN	IVE	NPN	IVE
1	0	-	0	-	0	-	0	-
15	45	45/15	58	58/15	47	47/15	48	48/15
16	37	37/16	24	24/16	32	32/16	28	28/16
17	6	6/17	5	5/17	1	1/17	2	2/16
18	2	2/18	1	1/18	12	12/18	7	5/18
TOTAL	90	5,77	88	5,71	92	5,85	85	5,35

DAS= Dias após semeadura; NPN= N° de plântulas normais; IVE=Índice de velocidade de emergência. IVE médio = 5,67

Tabela 8. Teste de velocidade de emergência de 100 sementes do Cv.AG 510 de milho híbrido precoce referente ao lote 2.

DAS	R1		R2		R3		R4	
	NPN	IVE	NPN	IVE	NPN	IVE	NPN	IVE
1	0	-	0	-	0	-	0	-
15	35	35/15	41	41/15	34	34/15	45	45/15
16	32	32/16	23	23/16	33	33/16	20	20/16
17	1	1/17	4	4/17	2	2/17	7	7/17
18	16	16/18	9	9/18	3	3/18	10	10/18
TOTAL	84	5,28	77	4,90	72	4,61	82	5,2

DAS= Dias após semeadura; NPN= N° de plântulas normais; IVE=Índice de velocidade de emergência. IVE médio = 4,99

Tabela 9. Teste de velocidade de emergência de 100 sementes do Cv.AG 510 de milho híbrido precoce referente ao lote 3.

DAS	R1		R2		R3		R4	
	NPN	IVE	NPN	IVE	NPN	IVE	NPN	IVE
1	0	-	0	-	0	-	0	-
15	60	60/15	61	61/15	67	67/15	62	62/15
16	10	10/16	20	20/16	12	12/16	17	17/16
17	8	8/17	0	0/17	0	0/17	0	0/17
18	2	2/18	2	2/18	2	2/18	1	1/18
TOTAL	80	4,73	83	5,42	81	5,21	80	5,25

DAS= Dias após semeadura; NPN = N° de plântulas normais; IVE = Índice de velocidade de emergência. IVE médio = 5,15

Outra possibilidade para a determinação do vigor relativo entre os lotes, baseada na velocidade de emergência de plântulas sem o emprego de fórmulas, é a de eleger determinado(s) dia(s) logo no início da emergência das plântulas, observando todos os lotes, e realizando uma comparação da porcentagem de emergência de plântulas naquele dia, considerando a média de repetições para cada lote. O lote que apresentar a maior porcentagem média neste dia definido será o mais vigoroso, indicando que suas sementes, por serem mais vigorosas, apresentaram maior rapidez de emergência.

Através desse procedimento pode-se evitar algumas interferências ou mascaramentos de resultados de velocidade de emergência de plântulas que as fórmulas possam trazer. Cuidados especiais necessitam ser tomados no controle de pragas que possam prejudicar a emergência ou a manutenção das plântulas durante o teste.

À semelhança de resultados anteriores, verifica-se neste experimento, que o lote 1 destaca-se como mais promissor, em comparação com os demais, caracterizando que suas sementes são mais vigorosas e possibilitando inferir, que em condições não controladas de campo, teria sucesso em germinar e produzir plântulas normais em solo e ambiente climático, às vezes, não totalmente favoráveis à espécie para o processo de germinação.

Teste de condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica apresenta-se como um dos mais utilizados em testes de vigor, sendo principalmente estudado em sementes de ervilha. Embora sua utilização tenha sido intensificada a partir da década de 60, já havia sido utilizado na década de 20 para estimar a viabilidade de sementes de capim timóteo, trevo vermelho, bem como de sementes de ervilha e de trigo. Sendo mais tarde utilizado para medir viabilidade de sementes de algodão (1958) e, após vários estudos, proposto como teste de vigor para sementes de ervilha na Inglaterra.

A partir destes estudos, a medida da condutividade elétrica passou a ser estudada como um teste de vigor para várias espécies, dentre as quais, algodão, ervilha, feijão, milho, soja. Dentre estas, o teste tem sido extensivamente usado para avaliar o vigor de sementes de ervilha na Inglaterra, Austrália e Nova Zelândia. Muitos resultados de pesquisa têm indicado, também, que o teste pode ser utilizado para semente de soja, com bastante sucesso.

Sem dúvida alguma, um dos grandes problemas que se tem com relação aos testes de vigor, diz respeito à dificuldade na interpretação dos resultados, já que, com rara exceção, não se dispõe de parâmetros de comparação. No caso particular do teste de condutividade elétrica, verifica-se que um grande volume de informações tem sido produzido, principalmente com sementes de leguminosas graúdas, como ervilha, feijão e soja, e também com sementes de milho, uma gramínea. Entretanto, como outros testes, os resultados de teste de condutividade elétrica só permitem comparações do potencial fisiológico dos lotes avaliados, não possibilitando estimativas sobre o comportamento de lotes sob condições de campo, como sobre o potencial de armazenamento.

Com relação às informações sobre o vigor das sementes, fornecidas pelo teste de condutividade elétrica (Tabela 10), verifica-se que os lotes podem ser separados em diferentes níveis, caracterizando o lote 1 como mais vigoroso, uma vez que liberou menor quantidade de eletrólitos. O lote 2, por sua vez, classifica-se como de pior desempenho, considerando que o mesmo apresentou maior taxa de lixiviados na solução.

Tabela 10. Média dos resultados de condutividade elétrica (mhos/cm/g), para sementes do Cv. AG 510 de milho híbrido precoce por repetição, em cada lote estudado.

Lotes	R1	R2	R3	R4	Média
1	6,68	6,22	9,28	8,84	7,75
2	13,31	12,26	14,47	14,46	13,63
3	10,57	7,28	10,38	10,37	9,78

Embora as informações obtidas através do teste de condutividade elétrica sejam importantes, não é possível, com apenas esses resultados, prever o comportamento de lotes de sementes sob uma ampla faixa de condições, não só de armazenamento como também de semeadura.

Logo, para a interpretação dos resultados, deve-se ter em mente os vários fatores (característica de sementes, tempo de embebição, temperatura de embebição e teor de água inicial de sementes) que podem causar variações nos resultados. Dentre esses aspectos é importante ressaltar as diferenças de condutividade elétrica observadas em sementes de diferentes espécies (Vieira et al., 1994). Assim, valores variando entre 4 e 30 mhos/cm/g para sementes de milho, correspondem a lotes que se situam em categorias consideradas de alto a baixo vigor.

Por outro lado, no caso de soja, os padrões já são outros, e sementes com condutividade elétrica até 60 - 70 mhos/cm/g têm sido consideradas como de alto vigor, enquanto 70 - 80 mhos/cm/g já são valores com tendência para médio vigor. Nos EUA, considera-se que, condutividade de sementes de soja superior a 150 mhos/cm/g é um indicativo de sementes de baixo vigor (AOSA, 1983).

Primeira contagem de germinação

O teste de germinação, para a maioria das espécies cultivadas, tem duração de 7 a 14 dias. As gramíneas forrageiras requerem períodos mais longos, geralmente 21, 28 ou 35 dias. Quando a semente apresenta dormência, o período pode ser ampliado, devido à necessidade de submetê-las a um tratamento ou à desuniformidade ou menor velocidade de germinação. Porém, as Regras para Análise de Sementes estabelecem um limite de tempo para a duração do teste. Geralmente são efetuadas duas contagens: a primeira contagem é necessária para a diminuição do número de plântulas infeccionadas que podem comprometer a sanidade do teste e para reduzir a possibilidade de entrelaçamento entre plântulas.

Portanto, na primeira contagem são removidas as plântulas normais, sementes mortas e plântulas infeccionadas, conservando-se no substrato as plântulas anormais e as sementes não germinadas ou em início de germinação. A data dessa contagem pode ser antecipada ou retardada de 1 a 3 dias; caso necessário, é preferível a antecipação, uma vez que com o atraso, o desenvolvimento excessivo de plântulas dificulta a interpretação. Quando se utiliza areia ou solo como substrato, realiza-se apenas uma contagem.

Assim, esse teste objetiva determinar o vigor relativo do lote, avaliando a porcentagem de plântulas normais que são obtidas por ocasião da primeira contagem do teste de germinação.

Foi conduzido conjuntamente com o teste de germinação, consistindo do registro das porcentagens de plântulas normais encontradas na primeira contagem do referido teste, feita no quinto dia após a sementeira. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais, por repetição, por lote.

Na Tabela 11 encontram-se resultados com dados médios em porcentagem do teste de primeira contagem de germinação (PCG) dos lotes do Cv. AG 510 de milho híbrido precoce, estudados nas condições detalhadas no teste de germinação correspondente.

Tabela 11. Dados médios de primeira contagem de germinação (%) em três lotes do Cv. AGR 510 de milho híbrido precoce em quatro repetições de 100 sementes.

Lotes	R1	R2	R3	R4	Média
1	96	96	98	94	96
2	92	86	96	86	90
3	88	96	92	92	92

Examinando os resultados obtidos e considerando que não houve dúvidas quanto à normalidade das plantas, observou-se pequeno percentual de sementes consideradas como anormais e/ou mortas, para os três lotes estudados, prevalecendo uma relativa superioridade do lote 1 sobre o 3 e este sobre o 2, confirmando a tendência observada em outros testes, de que as sementes do lote 1 são as mais vigorosas, ou em outras palavras, as que apresentaram maior velocidade de germinação, nas condições em que se procedeu o teste.

DETERMINAÇÕES ADICIONAIS

A qualidade de sementes é avaliada por um conjunto de índices determinados por análises. Como determinações adicionais são designadas aquelas análises que contribuem com outras informações sobre a qualidade do lote.

Exame de sementes infestadas

Tem por objetivo determinar a porcentagem de um lote que se encontre danificado por insetos (gorgulho, traças e carunchos). Os dados obtidos através deste teste são muito importantes para espécies como o feijão, milho, sorgo etc., frequentemente atacadas por aqueles insetos. A infestação pode ocorrer ainda no campo, devido ao atraso na colheita das sementes, ou durante o período de armazenamento.

Para efeito desse exame, são consideradas, além de sementes que contêm ovo, larva, pupa e inseto adulto, todas as demais que apresentam orifício de saída do inseto, quer tenham sido essas sementes danificadas por uma única espécie de insetos ou por várias. Serve para indicar a necessidade de expurgo de um lote de sementes.

Os resultados obtidos através da média das sementes infestadas encontradas nas duas subamostras é expresso em porcentagem com uma casa decimal e encontra-se na Tabela 12.

Tabela 12. Dados médios de três lotes de sementes (%) de milho híbrido precoce, Cv. AG 510, após o exame de sementes infestadas.

Lotes	R1	R2	Média
1 (LM-20)	1,0	1,0	1,0
2 (LM-18)	0,0	0,0	0,0
3 (LM-21)	0,0	0,0	0,0

Foram consideradas atacadas as sementes onde se constatou a presença do ovo, lagarta, inseto adulto e o orifício de saída do inseto, principalmente.

Teste para identificar injúrias mecânicas

Para a identificação de danos mecânicos de sementes de milho, bem como a extensão desses danos, pode ser empregado o teste do *verde rápido* (Fast Green FCF), que pode ser adquirido em frascos de 10 ou 25 gramas em casa de produtos químicos. Pode-se empregar também a *tintura de iodo*, que é relativamente simples, podendo ser usado para o milho e outros cereais.

Em contato com a solução de iodo, a presença de danos mecânicos é constatada pela formação da coloração azul, resultante da reação entre o iodo e o amido espermatóico. Os resultados encontram-se na Tabela 13. As sementes com trincas foram identificadas pela formação da coloração azul. Após a interpretação, somou-se as porcentagens de sementes danificadas por repetição e calculou-se a porcentagem média por amostra.

Tabela 13. Dados médios (%) de três lotes de sementes de milho híbrido precoce, Cv. AG 510, após o teste de injúrias mecânicas.

Lotes	R1	R2	Média
1 (LM-20)	5,0	8,0	6,5
2 (LM-18)	16,6	24,0	20,0
3 (LM-21)	7,0	10,0	8,5

De acordo com Everson (1985) citado por Dias & Barros (1995), danos nas sementes de milho entre 30 e 50% devem ser preocupantes ao produtor. Acima de 50% o produtor deve tomar medidas necessárias para reduzir os danos mecânicos durante a debulha e processamento das sementes, pois os danos severos, prejudicam a qualidade das mesmas.

Peso de 1.000 sementes

O peso de 1.000 sementes é em geral utilizado para calcular a densidade de semeadura e o peso da amostra de trabalho, para análise de pureza. É uma informação que dá idéia da qualidade de sementes, assim como do seu estado de maturidade e sanidade. O peso de mil sementes é influenciado pelo teor de água.

Para realizar esta determinação, são utilizadas sementes puras provenientes da análise de pureza. Além de fornecer informações para o cálculo de semeadura e regulagens de máquinas semeadeiras, devido a influência do teor de água, tem grande importância na qualidade da semente bem como na sua comercialização.

Seguiu-se os critérios das Regras para Análise de Sementes para o cálculo do peso de 1.000 sementes, utilizando-se as oito subamostras, com a determinação da *Variância*, do *Desvio padrão* e do *Coefficiente de variação* dos valores obtidos nas pesagens, sendo **x média**, o peso médio de 100 sementes. Como o coeficiente de variação não excedeu a 4%, o resultado da determinação foi calculado multiplicando-se por **10** o peso médio obtido das subamostras de 100 sementes.

Tabela 14. Peso médio de 1.000 sementes (g) de milho híbrido precoce, Cv. AG 510, obtido do peso médio (g) de oito subamostras de 100 sementes (R1 a R8) da porção semente pura.

Lotes	R1	R8	Média
1 (LM-20)	33,23	32,39	328,1
2 (LM-18)	28,29	28,43	283,6
3 (LM-21)	30,66	30,50	305,8

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSIS, ed. **Seed vigor testing handbook** .S.L. 1983. 88p. (Handbook on seed testing, 32).
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Divisão de Sementes e Mudanças. **Regras para Análise de Sementes**. S.L.p., 1992. 363p.
- CICERO, S. M.; MARCOS FILHO, J., SILVA, W. R. coord. **Atualização em produção de sementes**. Campinas, Fundação Cargill, 1989. p. 207-23
- CICERO, S. M. Teste de Frio. In: **Testes de vigor em sementes**. FCAV/UNESP/JABOTICABAL. 1992. 95 p.
- DIAS, M. C. de L.; BARROS, A.S. do R. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho. **Circular nº88**. IAPAR. 1995. 43 p.
- MARCOS FILHO, J. ; CICERO, S. M., SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba, FEALQ, 1987. 230 p.
- NAKAGAWA, J. Testes de Vigor baseados na avaliação das plântulas. In: **Testes de vigor em sementes** FCAV/UNESP/JABOTICABAL. 1994. 95 p.
- VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M.; SADER, R. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. In: **Testes de vigor em sementes**. FCAV/UNESP/JABOTICABAL. 1994. 95 p.

CAPÍTULO 9

ANÁLISES FAUNÍSTICAS EM ESTUDOS ENTOMOLÓGICOS

Oton Meira Marques, Carlos Alfredo Lopes de Carvalho
& Gilberto Marcos de Mendonça Santos

Tópicos em Ciências Agrárias

ANÁLISES FAUNÍSTICAS EM ESTUDOS ENTOMOLÓGICOS

Oton Meira Marques¹; Carlos Alfredo Lopes de Carvalho²; Gilberto Marcos de Mendonça Santos³

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: oton@ufrb.edu.br

²Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: calfredo@ufrb.edu.br; Bolsista CNPq

³Professor - Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana-BA. E-mail: gmms@uefs.br

INTRODUÇÃO

Os fenômenos de síntese realizada pela vegetação e o consumo dessas substâncias pelos animais são dois processos vitais que, na maioria dos casos, explicam a complexidade das interações entre os componentes das diversas comunidades. A diversidade faunística é fator primordial para o equilíbrio, fluxo e/ou ciclagem de energia e matéria nos ecossistemas. Delimitar e caracterizar a fauna de um determinado ambiente é fundamental para o bom entendimento do ambiente.

Os insetos constituem o grupo de seres vivos com o maior número de espécies na Terra e estima-se que existam 950.000 espécies descritas, podendo este número representar apenas metade do total existente no planeta (Arnet Jr., 2000; Lewinsohn & Prado, 2002). Outra estimativa sobre o total de espécies de insetos na Terra foi apresentada por Erwin (1982) e chegou ao extraordinário número de 30 milhões de espécies. Posteriormente, surgiram outras estimativas fornecendo números mais modestos: 4,9 a 6,6 milhões (Stork & Gaston, 1990) ou 1,84 a 2,57 milhões (Hodkinson & Casson, 1991). Estes números são apresentados na literatura especializada ou não como a biodiversidade ou diversidade biológica ou diversidade de insetos na face da Terra. Mas, não existe, nem pode existir, uma definição e uma medida unificada para biodiversidade e por ser um fenômeno intrinsecamente complexo, a organização da vida terá sempre que ser descrita e aferida por uma série de definições e medidas diversas (Gaston, 1996).

A diversidade biológica inclui três tipos de diversidade: 1 - **diversidade dentro de espécies**, abrange toda a variação entre indivíduos de uma população, bem como entre populações espacialmente distintas da mesma espécie e tem sido tratada como equivalente à diversidade genética (embora possa incluir diversidade morfológica, de comportamento, entre outras, sem ater-se estritamente à base genética de tais diferenças). 2 - **diversidade entre espécies**, corresponde à diversidade de espécies (espécies presentes em um ambiente ou região definida). 3 - **diversidade de ecossistemas**, é mais ambígua que as outras duas categorias; ecossistemas são essencialmente sistemas funcionais, caracterizados por sua dinâmica. Porém, usar a dinâmica como base para avaliar, inventariar ou monitorar a diversidade de ecossistemas, é pouco praticável (embora não impossível) e, em termos práticos, é tratada como correlacionada com a diversidade de fisionomias de vegetação ao nível da paisagem ou de bioma (Lewinsohn & Prado, 2002).

Dentre os diversos processos utilizados para analisar a fauna de um dado ambiente, os índices faunísticos figuram entre os mais aceitos. Os primeiros estudos voltados a elucidar a relação entre as características estruturais dos habitats e a diversidade faunística foram realizados por Mac Arthur & Mac Arthur (1961). Southwood & van Emden (1967) e Janzen & Schoener (1968) realizaram trabalhos pioneiros de análise faunística de entomofaunas.

A vantagem da utilização dos índices é que, além de serem facilmente calculados, gerando uma gama de dados analisáveis, são, por definição, desprovidos de unidade, permitindo comparações entre comunidades amostradas de modo não padronizado.

Padrões de distribuição

Apesar de não constar dos índices faunísticos clássicos, o padrão de distribuição de uma espécie é importante para o entendimento da importância relativa da espécie em termos locais, regionais e até globais. Esse padrão pode ser avaliado pelo método da variância dos quadrados contíguos, que consiste em traçar um transecto subdividido em n quadrados de tamanho padrão e contar o número de representantes da espécie em cada quadrante (Figura 1).

As variâncias apresentadas na presença de indivíduos nos quadrantes são plotadas em gráficos, indicando o tipo de padrão de distribuição apresentado pela população estudada (Figura 2). A fórmula e programa de computador para análise das variâncias encontram-se em Ludwig & Reynolds (1988).

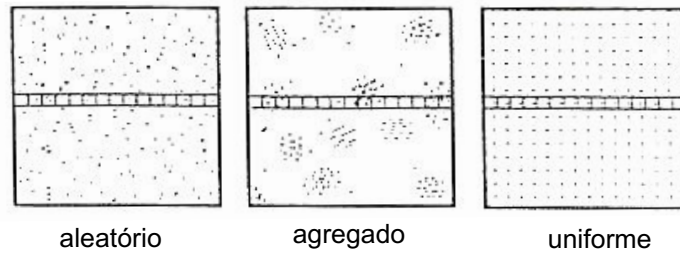


Figura 1. Posicionamento de quadrados contíguos ao longo de transectos em três ambientes onde os padrões de distribuição são aleatório (ou randômico), agregado ou uniforme (adaptado de Ludwig & Reynolds, 1988).

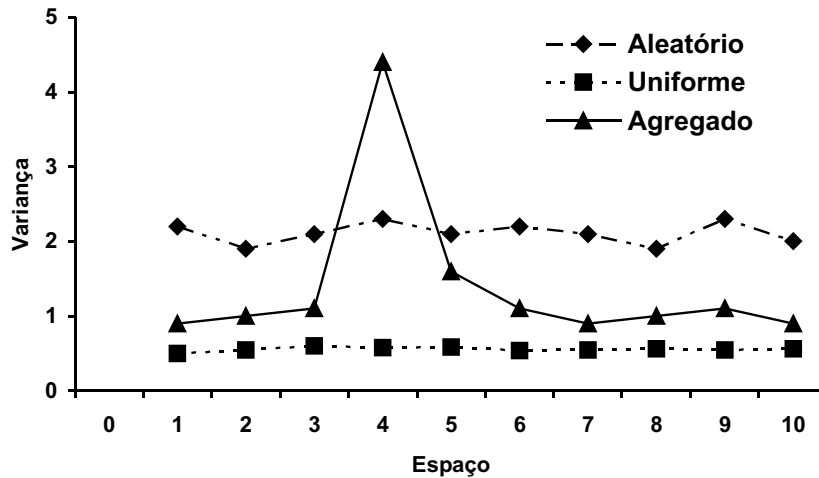


Figura 2. Plotagem típica de variâncias encontradas em quadrados contíguos cujas populações apresentavam os padrões de distribuição: aleatório, uniforme e agregado (baseado em Ludwig & Reynolds, 1988).

Uma análise faunística, baseada no número de táxons (e.g.: espécies, gêneros, famílias) de insetos coletados em um ambiente, fornece conhecimentos básicos sobre as populações presentes e os níveis de importância quantitativa das mesmas, podendo ser feita por meio dos índices faunísticos descritos a seguir, os mais amplamente utilizados neste tipo de estudo.

Diversidade

Existem diversos padrões de diversidade, isto é, regularidades na variação do número de espécies no espaço e no tempo; uma revisão sobre este assunto é encontrada em Carneiro et al. (1998).

Dois parâmetros devem ser considerados ao avaliar a diversidade biológica de um ambiente: 1 - número total de espécies em uma comunidade (freqüentemente denominado abundância de espécies) e 2 - a combinação do número total e a equitabilidade (abundância relativa) de espécies; a última indica como o total de indivíduos encontra-se distribuído entre as espécies. Considerando uma comunidade composta por dez espécies, se 90% dos indivíduos pertencem a uma só espécie e, os restantes 10%, estão distribuídos entre as outras nove espécies, a equitabilidade é considerada baixa, enquanto que, se cada uma das dez espécies contribui com 10% do total de indivíduos, a equitabilidade é considerada máxima. Assim, o conceito de diversidade de espécies inclui o número de espécies na comunidade (abundância ou riqueza de espécies) e a uniformidade (equitabilidade) com a qual os indivíduos são distribuídos entre as espécies (Krebs, 1989). A combinação do número total de espécies e a equitabilidade é considerada a abundância relativa das espécies (Ludwig & Reynolds, 1988; Odum, 1988). Algumas comunidades são mais ricas do que outras no número de espécies, mas não apresentam necessariamente mais indivíduos por unidade de área (Lewis & Taylor, 1976).

Diferentes índices têm sido propostos para caracterizar isoladamente a abundância de espécies e a

eqüitabilidade de uma comunidade. Outros tipos de índices combinam as duas características em um só valor e são conhecidos como índices de diversidade. Estes índices podem apresentar a desvantagem de confundir variáveis que caracterizam a estrutura de uma comunidade: 1) número de espécies; 2) eqüitabilidade e 3) homogeneidade e o tamanho da área amostrada.

Por outro lado, a utilização desses índices pode permitir a comparação entre comunidades, independente do processo de levantamento e do tamanho da amostra (Silveira Neto et al., 1976).

a) Abundância

O número total das espécies amostradas em um determinado estudo é considerado a abundância (S) dessas no ambiente (Ludwig & Reynolds, 1988).

As espécies podem ser distribuídas em classes de abundância baseadas no Intervalo de Confiança (IC) do número de indivíduos (n) ao nível de 5% e 1% de significância (Bicelli et al., 1989). Os limites de classes mais comumente utilizados são:

Raro (r) = n menor que o limite inferior do IC_{1%};

Disperso (d) = n entre os limites inferiores dos IC_{1%} e IC_{5%};

Comum (c) = n situado dentro do IC_{5%};

Abundante (a) = n situado entre os limites superiores dos IC_{5%} e IC_{1%};

Muito abundante (m) = n maior que o limite superior do IC_{1%}.

Os Intervalos de Confiança para as classes de freqüência, constância e abundância e os valores do teste F na determinação da dominância podem ser calculados por meio das funções estatísticas de planilhas eletrônicas computacionais.

b) Índice de abundância

A comparação dos dados de abundância obtidos em diferentes pesquisas é possível através da utilização de índices como, por exemplo, o Alfa () proposto por Margalef (1951):

$$= \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$$

onde,

S = número total de espécies;

N = número total de indivíduos;

ln = logaritmo neperiano.

O índice mede a relação existente entre o número de espécies e o número de indivíduos de uma comunidade. Esse índice é baixo nos locais onde ocorre competição interespecífica, em que o número de espécie tende a diminuir e o número de indivíduos das espécies dominantes tende a aumentar, significando que o local é mais específico. Quando o valor obtido é alto, há indicação de que o local é bastante diversificado, apresentando elevado número de espécies, embora com menor número de indivíduos (Odum, 1988).

c) Índices de diversidade

Diferentes índices expressam a diversidade de uma área ou região, explorando de forma diferente os componentes da diversidade. Alguns destes índices são expostos a seguir:

Índice H' (Shannon-Wiener):

$$H' = - \sum p_i (\ln p_i)$$

onde,

H' = componente de “riqueza” de espécies;

p_i = frequência relativa da espécie i dada por n_i/N ;

n_i = número de indivíduos da espécie i ;

N = número total de indivíduos;

\ln = logaritmo neperiano.

O índice H' é um dos melhores índices para uso em comparações de comunidades, caso não haja interesse em separar os dois componentes da diversidade, abundância e equitabilidade. Esse índice apresenta a vantagem de ser relativamente independente do tamanho da amostra, o que permite a comparação entre comunidades ainda que as amostragens em cada ambiente tenham sido realizadas com tamanhos diferentes (Odum, 1988).

De acordo com Washington (1984), o índice de diversidade H' varia com o número de espécie, sendo que em comunidades biológicas não ultrapassa o valor 5.

Índice (Simpson, 1949):

$$= \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

onde,

n_i = número de indivíduos da espécie i ;

N = número total de indivíduos.

Esse índice varia de 0 a 1, dando a probabilidade de dois indivíduos coletados casualmente na população pertencerem à mesma espécie. Se a probabilidade for alta, então a diversidade na comunidade amostrada é baixa (Ludwig & Reynolds, 1988).

De acordo com Odum (1988), o índice de Simpson dá maior peso para as espécies mais comuns na comunidade, sendo que, quanto maior o valor obtido, maior será a dominância por uma ou poucas espécies.

Índice J' (Pielou, 1977)

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

onde,

H' = componente da “riqueza” de espécies;

$H'_{\max} = \ln S$;

S = número total de espécies;

\ln = logaritmo neperiano.

O índice proposto por Pielou (1977) e denominado J' é, provavelmente, o índice de equitabilidade mais usado em estudos ecológicos, expressando a uniformidade em número de indivíduos que as espécies possuem ou não, baseando-se na abundância relativa de espécies e no grau de sua dominância. O índice J' varia de 0 a 1, atingindo o valor máximo quando todas as espécies apresentam a mesma frequência relativa (Odum, 1988; Ludwig & Reynolds, 1988).

Os índices de abundância (), diversidade (H' e) e equitabilidade (J') podem ser facilmente obtidos por meio da montagem de uma planilha de cálculo.

Modelo de distribuição e estimativa da abundância de espécies

O método da Curva de Rarefação ou Curva do Coletor (Richness rarefraction method) indica o número de espécies esperadas em um dado tamanho de amostra (Hurlbert, 1971; James & Rathburn, 1981) e mede a eficiência do número de coletas na representatividade das espécies que ocorrem em uma determinada área (Colwell & Coddington, 1994).

Ludwig & Reynolds (1988) defendem esse tipo de análise como o mais eficiente para comparar a riqueza de comunidades cujas intensidades de esforço amostral foram diferentes, além de servir como indicativo da efetividade da amostragem das populações que compõem uma comunidade, evitando a sub amostragem.

Como o gráfico da curva de rarefação permite avaliar a intercessão dos eixos onde são plotados, a variação do esforço amostral (número de indivíduos, biomassa, número de horas amostradas, número de armadilhas) e a variação do número de espécies encontradas em função deste esforço, pode-se fazer inferências sobre o esforço necessário para atingir um número determinado de espécies em comunidades distintas.

Um estudo que se propõe a caracterizar uma comunidade baseado em seus índices faunísticos precisa se certificar que o ambiente foi suficientemente amostrado; o método da análise da riqueza baseado na Curva de Rarefação fornece informação sobre a suficiência amostral do estudo. Só pode ser considerado suficientemente amostrado aquele ambiente cuja curva encontrada apresente tendência à estabilização. Uma curva que tenda a se estabilizar indica que, para aumentar o número de espécies encontradas, é preciso aumentar muito o esforço amostral, enquanto que uma curva que mostre tendência de crescimento indica que novas espécies podem ser encontradas com um pequeno aumento no esforço amostral.

Na Figura 3, observa-se duas comunidades hipotéticas: na comunidade 1, na qual o esforço amostral foi de apenas 500 indivíduos, a curva mostra que a riqueza foi baixa e que o esforço amostral foi suficiente para caracterizar a comunidade; na comunidade 2, cujo esforço amostral foi de 1000 indivíduos, a curva mostra que o ambiente não foi suficientemente amostrado e, neste caso, quaisquer análises de comunidade baseada em índices faunísticos (frequência, constância, abundância e outros), calculados sobre os 1000 indivíduos encontrados levariam a erro na caracterização.

A fórmula e um programa para obtenção da Curva de Rarefação estão disponíveis em Ludwig & Reynolds (1988). A validação estatística para o modelo encontrado pode ser obtida por meio da análise de regressão.

No exemplo da Figura 4, a distribuição do número de indivíduos e de espécies por coleta indicou que o número de coletas realizadas foi suficiente para amostrar a abundância de espécies da área estudada. Observa-se que ocorreu uma estabilização a partir da 23ª coleta, quando se atingiu o total de 80 espécies, valor da abundância de espécies (S).

Um modelo de distribuição de abundância pode ser baseado na distribuição das espécies e indivíduos em oitavas (Preston, 1948), discutido por Ludwig & Reynolds (1988), Magurran (1988) e Krebs (1989).

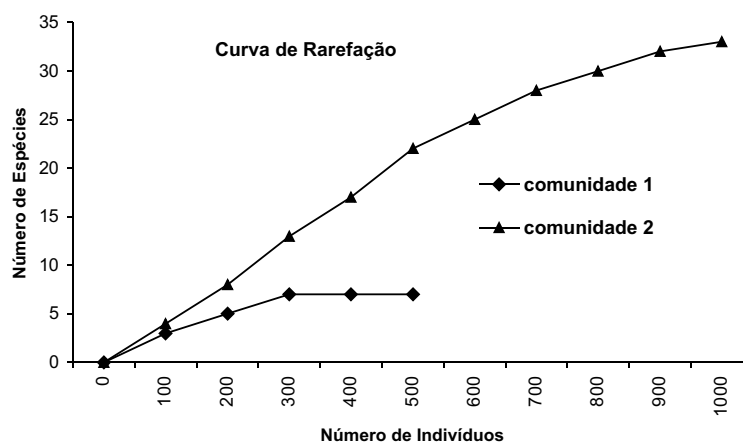


Figura 3. Curva de rarefação de duas comunidades hipotéticas.

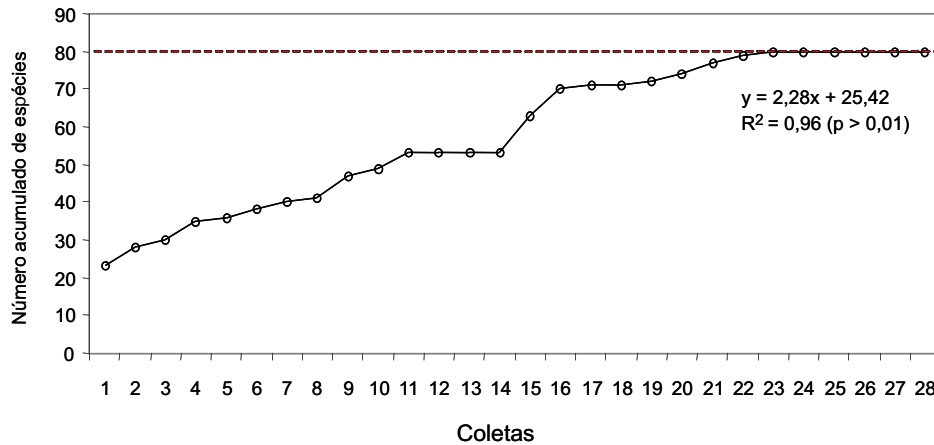


Figura 4. Curva do Coletor para amostras de abelhas (Apoidea) coletadas no vale do rio Paraguaçu, Município de Castro Alves-BA, entre janeiro de 1994 e fevereiro de 1995 (Carvalho, 1999).

De acordo com Ludwig e Reynolds (1988), a distribuição lognormal é representada por:

$$S(R) = S_0 e^{(-a^2 R^2)}$$

onde,

$S(R)$ = número de espécies na R -ésima oitava (= classes);

S_0 = estimativa do número de espécies na oitava modal;

a = medida de amplitude inversa da distribuição;

R = logaritmo na base 2 da abundância de espécie de uma determinada classe de oitava dividido pela abundância de espécie na oitava modal; $R = 0$ na oitava modal.

O procedimento para avaliar o modelo da distribuição lognormal truncada é encontrado em Magurran (1988), onde o número estimado de espécie na comunidade é obtido pela equação:

$$S^* = \frac{S}{1 - p_0}$$

onde,

S^* = número estimado de espécies;

S = número total de espécies;

p_0 = probabilidade da curva normal para z_0 (proporção da curva normal de acordo com Zar, 1984);

z_0 : variável normal estandarizada $z_0 = \frac{(x_0 - x)}{\sqrt{Vx}}$;

$x_0 = \log_{10}(0,5)$;

x : estimativa da média $x = \frac{\sum x_i}{S}$;

x : média do número de indivíduo em \log_{10} $x = \frac{\sum x_i}{S}$;

σ^2 = parâmetro obtido através de σ e da tabela de Cohen Jr. (1961) para lognormal truncada;

$\sigma^2 = \frac{1}{S} \sum (x_i - x)^2$;

σ^2 : variância $\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - x)^2}{S}$;

x : número de indivíduo em $\log_{10} x = \log_{10} n_i$;

n_i = número de indivíduo da espécie i

v_x : estimativa da variância = $\frac{1}{n} \sum (x - \bar{x}_o)^2$

As oitavas são formadas por intervalos do número de indivíduos e número de espécies, sendo cada classe representada pelo dobro da abundância de espécie acrescido de 0,5. O teste do Qui-quadrado (X^2) aplicado e o valor obtido é comparado com o tabelado ao nível de 5% de significância, com o número de graus de liberdade igual ao número de oitavas menos três (Magurran, 1988).

Segundo Krebs (1989), a estimativa do número de espécie na comunidade não possui um sistema para avaliar a sua precisão e deve ser analisada com precauções. Por outro lado, o modelo de distribuição das espécies observadas e esperadas pode ser estatisticamente avaliado pelo teste do Qui-quadrado, conforme Ludwig & Reynolds (1988) e Magurran (1988).

No exemplo da Figura 1, um total de 80 espécies foi coletado (S), sendo a abundância estimada (S*) igual a 86 espécies. Isso significa que, aproximadamente, 7,0% do número estimado de espécies presentes na área não foi coletado, requerendo uma quantidade maior de amostras. Neste estudo, o incremento no número de horas de coletas em diferentes épocas do ano, provavelmente resultaria na amostragem de outras espécies consideradas raras (com poucos indivíduos).

Entretanto, esse tipo de resultado permite apenas uma abordagem descritiva da comunidade e não deve ser considerado conclusivo, uma vez que o método de amostragem pode ter contribuído para a ausência de algumas espécies nas coletas. Os estudos sobre a composição faunística de áreas restritas apresentam limitações quanto à possibilidade de se fazer extrapolações para áreas maiores, sendo necessário o estudo de outras áreas, como também, a coleta de dados deve ser por vários anos (Martins, 1990). Apesar dessas limitações, a amostragem de insetos em áreas restritas fornece uma estimativa considerável da abundância relativa das espécies e famílias dentro da comunidade (Sakagami & Matsumura, 1967).

Frequência

A frequência (f) das espécies é determinada pela participação percentual do número de indivíduos de cada espécie, em relação ao total coletado (Silveira Neto et al., 1976):

$$f = \frac{n_i}{N} \times 100$$

onde,

n_i = número de indivíduos da espécie i ;

N = número total de indivíduos.

De acordo com os resultados obtidos são estabelecidas classes de frequência para cada espécie, por meio de Intervalos de Confiança (IC) a 5% de probabilidade:

a) Pouco Freqüente (PF) = $f <$ o limite inferior (LI) do IC_{5%};

b) Freqüente (F) = f situado dentro do IC_{5%};

c) Muito Freqüente (MF) = $f >$ o limite superior (LS) do IC_{5%}.

Constância

Calculada por meio da porcentagem de ocorrência das espécies no levantamento (Silveira Neto et al., 1976), utilizando-se a fórmula:

$$C = \frac{c_i}{N_c} \times 100$$

onde:

C = percentagem de constância;

c_i = número de coletas contendo a espécie i ;

Nc = número total de coletas efetuadas.

De acordo com os percentuais obtidos, as espécies podem ser separadas em categorias, segundo a classificação de Bodenheimer (citado por Silveira Neto et al., 1976) e o IC a 5% em:

- Espécies constantes (W): $C >$ limite superior (LS) do $IC_{5\%}$;
- Espécies acessórias (Y): C entre os limites (LI e LS) do $IC_{5\%}$;
- Espécies acidentais (Z): $C <$ o limite inferior (LI) do $IC_{5\%}$.

Dominância

A dominância consiste na capacidade ou não da espécie em modificar, em seu benefício, o impacto recebido do ambiente, podendo assim causar o aparecimento ou desaparecimento de outros organismos. É uma característica difícil de ser avaliada quantitativamente, pois depende da atividade desempenhada pela espécie na comunidade (Silveira Neto et al., 1976).

A dominância ou não das espécies pode ser obtida pelo método de Kato et al., referido por Laroca & Mielke (1975), utilizando as equações:

$$Ls = \frac{(k_1 \times F_o)}{k_2 (k_1 \times F_o)} \times 100$$

e,

$$Li = 1 - \frac{(k'_1 \times F_o)}{k'_2 (k'_1 \times F_o)} \times 100$$

onde:

Ls = limite superior;

Li = limite inferior;

$k_1 = 2(n_i + 1)$;

$k_2 = 2(N n_i + 1)$;

F_o = valor obtido da tabela de distribuição de F ao nível de 5% de significância para graus de liberdades obtidos em k_1 e k_2 ; e, k'_1 e k'_2 ;

N = número total de indivíduos;

n_i = número de indivíduos da espécie i ;

$k'_1 = 2(N n_i + 1)$;

$k'_2 = 2(n_i + 1)$.

Uma determinada espécie será considerada como dominante quando o seu limite inferior (Li) for maior que o inverso do número total de espécies multiplicado por 100 (LD), de acordo com Sakagami e Matsumura (1967).

$$LD = \frac{1}{S} \times 100$$

onde,

LD = limite da dominância;

S = número total de espécies.

Um outro procedimento para considerar a dominância de uma espécie é quando o Limite Inferior for maior que o Limite Superior para $K = 0$. Este método foi utilizado por diversos pesquisadores como, por exemplo, Laroca et al. (1982), Nascimento et al. (1983), Bicelli et al. (1989), Rossi (1989), Bueno e Souza (1993).

Similaridade entre comunidades de insetos

A similaridade entre duas comunidades quanto à composição de espécies, ou ainda entre espécies quanto a hospedeiros ou recursos tróficos pode ser obtida pelo Índice de Morisita-Horn (I_{m-h}), de acordo com Magurran (1988).

Por exemplo, a similaridade entre as espécies de abelhas quanto às espécies de plantas visitadas pode ser calculada da forma a seguir:

$$I_{m-h} = \frac{2 \sum (an_i \quad bn_i)}{[(da \quad db) \quad (aN \quad bN)]}$$

onde,

I_{m-h} = Índice de Morisita-Horn entre as espécies de abelhas a e b ;

an_i = número coletado de indivíduos da espécie de abelha a na espécie vegetal i ;

bn_i = número coletado de indivíduos da espécie de abelha b na espécie vegetal i ;

$$da = \frac{an^2}{aN^2};$$

$$db = \frac{bn^2}{bN^2};$$

aN = número coletado de indivíduos da espécie de abelha a ;

bN = número coletado de indivíduos da espécie de abelha b .

O índice de Morisita-Horn varia de zero (nenhuma similaridade) a 1 (completa similaridade) (Krebs, 1989), não depende do tamanho da amostra e é um dos melhores índices para medir a similaridade em estudos ecológicos (Wolda, 1981).

Outro modo de avaliar a similaridade entre comunidades de insetos é o Coeficiente de Similaridade de Sørensen. Neste caso, a abordagem é qualitativa, isto é, presença ou ausência, onde se avalia a semelhança na composição das espécies entre duas áreas. A fórmula a seguir representa o Coeficiente de Sørensen:

$$CS = 2j / (2j + a + b)$$

onde:

a = número de espécies no agroecossistema I

b = número de espécies no agroecossistema II

j = número de espécies encontradas em ambos os agroecossistemas

O coeficiente de Similaridade de Jaccard (1912) também pode ser utilizado para indicar a semelhança entre duas comunidades quanto à composição de espécies e pode ser obtido por meio da fórmula a seguir, utilizando as mesmas variáveis do Coeficiente de Sørensen:

$$CJ = j / (j + a + b)$$

Outro índice conhecido é a Porcentagem de Similaridade, calculada pela soma dos menores valores da porcentagem do total de indivíduos das espécies comuns às duas comunidades comparadas:

$$\%S = \text{Somatório } (a + b + \dots + n)$$

onde:

$\%S$ = Porcentagem de Similaridade

a = Menor porcentagem da espécie "a" observada no confronto entre os dois agroecossistemas

b = Menor porcentagem da espécie "b" observada no confronto entre os dois agroecossistemas

n = Menor porcentagem da espécie "n" observada no confronto entre os dois agroecossistemas

A similaridade entre as comunidades de insetos, também pode ser representada graficamente por meio de um dendograma construído através do diagrama de treliça (Silveira Neto et al., 1976).

Os índices: dominância, abundância, constância, dominância, equitabilidade, frequência, diversidade de Shannon-Wiener, similaridade e outros podem ser obtidos com o programa ANAFAU, desenvolvido no Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da Esalq/USP (Moraes et al., 2003).

REFERÊNCIA

ARNETT Jr., R. H. **American Insects - A handbook of insects of America north of Mexico**. 2ª. ed. Boca Raton: CRC Press, 2000. 1003 p.

BICELLI, C. R. L.; SILVEIRA-NETO, S.; MENDES, A. C. B. Dinâmica populacional de insetos coletados em cultura de cacau na região de Altamira, Pará. II. análise faunística. **Agrotropica**, v. 1, n. 1, p. 39-47, 1989.

BUENO, V. H. P.; SOUZA, B. M. de. Ocorrência e diversidade de insetos predadores e parasitóides na cultura de couve *Brassica oleracea* var. *acephala* em Lavras MG, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 22, n. 1, p. 5-18, 1993.

CARNEIRO, M. A. A.; De SOUZA, O; FERNANDES, G. W.; LARA, A. C. F. A diversidade padronizada. **Ciência Hoje**, v. 24, p. 26-32, 1998.

CARVALHO, C.A.L. de. **Diversidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e plantas visitadas no município de Castro Alves-BA**. 1999. 104p. (Tese de Doutorado). ESALQ/USP, Piracicaba.

COHEN Jr., A. C. Tables for maximum likelihood estimates: singly truncated and singly censored samples. **Technometrics**, v. 3, p. 535-541, 1961.

COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transactions Royal Society of London (B)**, v. 345, p. 101-118, 1994.

ERWIN, T. L. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. **The Coleopterists Bulletin**, v. 36, p. 74-75, 1982.

GASTON, K. J. What is biodiversity?. In: GASTON, K. J. (Ed.). p. 1-9. **Biodiversity: a biology of numbers and difference**. Oxford: Blackwell Science, 1996. ix+396p.

HODKINSON, I. D.; CASSON, D. A lesser predilection for bugs: Hemiptera (Insecta) diversity in tropical rain forests. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 43, p. 101-110, 1991.

HURLBERT, S. H. The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters. **Ecology**, v. 52, p. 577-586, 1971.

JACCARD, P. The distribution of the flora in the alpine zone. **Nerophytal**, v. 11, p. 37-50, 1912.

JAMES, F. C.; RATHBUR, S. Rarefaction, relative abundance, and diversity of avian communities. **Auk**, v. 98, p. 785-800, 1981.

JANZEN, D. H.; SCHOENER, T. H. Differences in insect abundance and between wetter and drier sites during a tropical

dry season. **Ecology**, Durham, v. 49, n.1, p. 96-110, 1968.

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. New York: Harper Collins Publishers, 1989. 654 p.

LAROCA, S.; MIELKE, O. H. H. Ensaio sobre ecologia de comunidade em Sphingidae da Serra do Mar, Paraná, Brasil (Lepidoptera). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 35, n. 1, p. 1-19, 1975.

LAROCA, S.; CURE, J. R.; BORTOLI, C. de. A associação de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) de uma área restrita no interior da cidade de Curitiba (Brasil): uma abordagem biocenótica. **Dusenya**, v. 17, n. 3, p. 93-117, 1982.

LEWIS, T.; TAYLOR, L. R. **Introduction to experimental ecology: a student guide to fieldwork and analysis**. London: Academic Press, 1976. 401 p.

LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. **Biodiversidade brasileira**. Síntese do estado atual do conhecimento. São Paulo: Contexto, 2002. 176p.

LUDWIG, J. A.; REYNOLDS J. F. **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. New York: John Wiley, 1988. 337 p.

MacARTHUR, R. H.; MacARTHUR, J. W. On bird species diversity. **Ecology**, Durham, v. 42, n. 3, p. 594-598, 1961.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University Press, 1988. 179 p.

MARGALEF, R. Diversidade de espécies en las comunidades naturales. **Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada**, Barcelona, v. 6, p. 52-72, 1951.

MARTINS, C.F. **Estrutura da comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) na caatinga (Casa Nova, BA) e na Chapada Diamantina (Lençóis, BA)**. 1990. 139 p. (Tese de Doutorado) IB/USP, São Paulo.

MORAES, R. C. B.; HADDAD, M. L.; SILVEIRA NETO, S.; REYES, A. E. L. Software para análise faunística. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 8., 2003, São Pedro, SP. **Resumos**. São Pedro: 2003. p.195.

NASCIMENTO, A. S. do.; ZUCCHI, R. A; SILVEIRA NETO, S. Dinâmica populacional das moscas-das-frutas no Recôncavo Baiano. III. Análise faunística. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 4, p. 319-328, 1983.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434 p.

PIELOU, E. C. **Mathematical ecology**. New York: John Wiley, 1977. 385 p.

PRESTON, F. W. The commonness and rarity of species. **Ecology**, v. 29, n. 3, p. 254-283, 1948.

ROSSI, M. R. **Análise faunística, flutuação populacional e efeitos climáticos sobre algumas espécies de pulgões (Homoptera: Aphididae) em Lavras-MG**. 1989. 88p. (Tese de Mestrado). ESAL, Lavras-MG.

SAKAGAMI, S. F.; MATSUMURA, T. Relative abundance, phenology and flower preference of andrenid bees in Sapporo, north Japan (Hymenoptera, Apoidea) **Japanese Journal of Ecology**, v. 17, n. 6, p. 237-250, 1967.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba:

Ceres, 1976. 419 p.

SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, v. 163, p. 688, 1949.

SOUTHWOOD, T. R. E.; van EMDEN, H. F. A. A comparison of the fauna of cut and uncut grasslands. **Zeitschrift fuer Angewandte Entomologie**, Hamburg, n. 60, p. 188-198, 1967.

STORK, N. E.; GASTON, K. G. Counting species one by one. **New Scientist**, n. 1729, p. 43-47, 1990.

WASHINGTON, H. G. Diversity, biotic and similarity indices: a review with special reference to aquatic ecosystems. **Water Research**, v. 18, p. 653-694, 1984.

WOLDA, H. Similarity indices, sample size and diversity. **Oecologia**, v. 50, p. 296-302, 1981.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Inglewood Cliffs: Prentice-Hall, 1984. 718 p.

CAPÍTULO 10

INTERFACE DA ENTOMOLOGIA APLICADA NA FRUTICULTURA TROPICAL

Antônio Souza do Nascimento & Tuffi Cerqueira Habibe

INTERFACE DA ENTOMOLOGIA APLICADA NA FRUTICULTURA TROPICAL

Antônio Souza do Nascimento¹; Tuffi Cerqueira Habibe²

¹Pesquisador - Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas-BA. E-mail: nascimento@cnpmf.embrapa.br

²Mestre em Ciências Agrárias/UFBA, Cruz das Almas-BA. E-mail: tuffihabibe@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil ocupa a terceira posição entre os países produtores de frutas, com uma produção de 38 milhões de toneladas/ano, gerando mais de cinco milhões de empregos diretos (FAO, 2003). A fruticultura tem apresentado grande avanço nos últimos anos, devido principalmente à disponibilização de novas tecnologias, favorecendo o aumento da área de cultivo, o incremento do parque industrial e a elevação de sua capacidade produtiva e de exportação, aumentando o mercado interno e propiciando a conquista de novos mercados internacionais (Lima et al., 2001). Nesse contexto, as pragas e doenças assumem papel de grande relevância para essa atividade, por se constituírem em fatores limitantes à produção.

A acerola (*Malpighia puniceifolia* L., 1762) como hospedeira de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no Recôncavo da Bahia

O Brasil é o principal produtor de acerola (*Malpighia puniceifolia*) no mundo, ainda assim, não existe suficiente informação sobre o comportamento de insetos limitantes a sua produção. As espécies de moscas-das-frutas assinaladas no Brasil, causando danos econômicos em alguns fruteiras, pertencem aos gêneros *Anastrepha* e *Ceratitis*. Malavasi et al. (1980) realizaram o levantamento de tefritídeos no Brasil amostrando 55 espécies de hospedeiros dos quais 25 estavam atacados por *C. capitata*. Esses autores relataram que a mosca do mediterrâneo era mais freqüente nas fruteiras introduzidas enquanto que as espécies de *Anastrepha* preferem os hospedeiros nativos. Nascimento et al. (1999) realizaram a descrição, caracterização e dano dos Insetos-Praga em acerola em Cruz das Almas e relataram que a larva de *C. capitata* danifica o fruto, que cai precocemente, reduzindo a produtividade. Num posterior levantamento de insetos associados à cultura da acerola, não foi relatada a presença de moscas-das-frutas nesta cultura em Cruz das Almas (Sá, 1999). Didonet et al. (1999) mencionaram a presença de moscas-das-frutas (*Anastrepha* spp.) como praga de aceroleira, no período de outubro a dezembro e alerta ao produtor a ter atenção especial com ela; mas destaca que ainda sendo uma praga potencialmente importante, somente *Ceratitis capitata* é considerada praga de importância econômica.

Parasitóides

Dentre os organismos que efetuam o controle biológico de moscas-das-frutas, isto é, predadores, patógenos, nematóides, bactérias e parasitóides, os últimos parecem ser os mais efetivos. Segundo Carvalho et al. (2000), o parasitismo em moscas-das-frutas depende do tamanho do fruto. Em frutos menores, com polpa e casca fina, o índice de parasitismo é maior, pela facilidade que o parasitóide encontra em localizar as larvas da mosca no interior do fruto. No Brasil, os estudos com parasitóides de moscas-das-frutas são recentes. Em 1995, num levantamento no país, verificou-se que *Doryctobracon aerolatus*, que ocorre da Argentina até o sul dos EUA, foi a espécie mais comum encontrada, com uma percentagem de 70 % do total de braconídeos coletados e ocorrendo em 81 % dos frutos amostrados. Outro importante grupo de parasitóides é representado pela família Figitidae (Eucoilinae). Os eucoilíneos conhecidos são generalistas, parasitando tanto as espécies da família Tephritidae quanto as da família Lonchaeidae. Devido à associação com os tefritídeos, esses parasitóides desempenham função importante como inimigos naturais de moscas-das-frutas. Os estudos sobre os eucoilíneos para o controle biológico de moscas-das-frutas demonstram o potencial desses parasitóides em programas de manejo de pragas. Este trabalho visou: a) Identificar as espécies de moscas-das-frutas que utilizam a acerola como hospedeiro; b) Conhecer o nível de infestação nos frutos; c) Conhecer a incidência de inimigos naturais parasitóides nativos.

O trabalho foi desenvolvido na área experimental da sede da *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical*, em

Cruz das Almas, BA. O levantamento populacional foi iniciado em abril de 2000 até agosto 2001, em duas áreas do Banco de Germoplasma BAG de Acerola, distantes entre si aproximadamente 500 m e separadas por vegetação nativa em direção nordeste. A área 1 teve como cultivos vizinhos, banana (*Musa spp.*), manga (*Mangifera indica*), mamão (*Carica papaya*), abacaxi (*Ananas comosus*), mandioca (*Manihot esculenta*), cajá (*Spondias lutea*) e vegetação nativa. A área 2, cítrus (*Citrus sp.*) e vegetação nativa. Monitorou-se semanalmente, utilizando atrativo alimentar hidrolizado de proteína ("Tephritide") a 5% com armadilhas tipo Valenciano modificada, distribuídas no centro e na periferia das culturas. Efetuou-se a coleta sistemática de frutos maduros ou em início de maturação em diferentes alturas da copa das árvores. As amostras foram levadas ao laboratório de Entomologia da *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical* e acondicionadas em bandejas plásticas contendo uma camada de vermiculita com aproximadamente 3 cm de espessura, para permitir a empupação. Os espécimens de Tephritidae foram separados por sexo e identificados, sendo que os indivíduos do gênero *Ceratitis* foram contados, separados por sexo e descartados após sua verificação, pelo fato de *C. capitata* ser a única espécie representante do gênero ocorrendo no Brasil.

Durante o período de estudo, foram coletados nas duas áreas 14.701 frutos que deram 1.343 pupas das quais emergiram 661 espécimes, 652 pertenceram à espécie *C. capitata* (98,64%) e 9 espécimes de *A. obliqua* (1,36%) (Tabelas 1 e 2). Estas proporções diferem da encontrada por Nascimento & Zucchi (1981) no Recôncavo Baiano que de um total de 17.877 indivíduos coletados, 0,71 % correspondeu a *C. capitata* e 99,29 % a *Anastrepha spp.*; afirmações feitas pelos autores naquela época em relação à adaptação de *C. capitata* às condições do recôncavo, têm sido confirmadas neste trabalho.

Neste estudo, a presença de *C. capitata* foi dominante comparada com *A. obliqua*, e segundo Zucoloto (1993), estas duas espécies ocupam nichos alimentares semelhantes, mas possuem estratégias diferentes em relação à utilização de nutrientes. Por outro lado, sendo acerola um cultivo introduzido, corrobora com as observações feitas por Malavasi et al. (1980), que os frutos introduzidos são mais susceptíveis a infestações por *C. capitata*, enquanto as espécies de *Anastrepha* infestam preferencialmente hospedeiros nativos.

Tabela 1. Infestação de frutos, viabilidade pupal e índice de parasitismo em acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) por moscas-das-frutas dos gêneros *Anastrepha* e *Ceratitis* na Área 1 do Banco de Germoplasma em Cruz das Almas-BA, 2001.

	Total fruto	Número pupas	Infestação pupas/frutos	Número <i>Ceratitis</i>	Número <i>Anastrepha</i>	Número Parasitóides	Viabilidade Pupal	Índice de Parasitismo
Maio	590	102	0,17	66	0	2	66,67	2,94
Junho	1060	121	0,11	37	1	1	32,23	2,56
Julho	480	8	0,02	2	2	0	50,00	0,00
Agosto	110	4	0,04	3	0	0	75,00	0,00
Setembro	0	0	0,00	0	0	0	0,00	0,00
Outubro	1040	4	0,00	0	0	0	0,00	0,00
Novembro	180	0	0,00	0	0	0	0,00	0,00
Dezembro	440	19	0,04	3	0	0	15,79	0,00
Janeiro	290	20	0,07	14	0	0	70,00	0,00
Fevereiro	0	0	0,00	0	0	0	0,00	0,00
Março	0	0	0,00	0	0	0	0,00	0,00
Abril	1010	13	0,01	3	0	0	23,08	0,00
Maio	620	39	0,06	24	0	0	61,64	0,00
Junho	110	6	0,05	2	0	0	50,00	33,33
Julho	430	7	0,02	4	0	0	57,14	0,00
Agosto	250	0	0,00	0	0	0	0,00	0,00
TOTAL	6610	343	0,05	158	3	4	48,1	2,42

Tabela 2. Infestação de frutos, viabilidade pupal e índice de parasitismo em acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) por moscas-das-frutas dos gêneros *Anastrepha* e *Ceratitis* na Área 2 do Banco Germoplasma em Cruz das Almas-BA, 2001.

	Total fruto	Número pupas	Infestação pupas/frutos	Número <i>Ceratitis</i>	Número <i>Anastrepha</i>	Número Parasitóides	Viabilidade Pupal	Índice de Parasitismo
Abril	950	160	0,17	98	0	1	61,88	1,01
Maio	490	208	0,42	107	0	1	51,92	0,93
Junho	940	69	0,07	45	1	0	66,67	0,00
Julho	281	13	0,05	5	0	0	38,46	0,00
Agosto	0	0	0,00	0	0	0	0,00	0,00
Setembro	0	0	0,00	0	0	0	0,00	0,00
Outubro	1180	68	0,06	34	0	0	50,00	0,00
Novembro	580	8	0,01	3	0	0	37,50	0,00
Dezembro	770	22	0,03	13	0	0	59,09	0,00
Janeiro	460	25	0,05	17	0	0	68,00	0,00
Fevereiro	0	0	0,00	0	0	0	0,00	0,00
Março	0	0	0,00	0	0	0	0,00	0,00
Abril	1140	77	0,07	24	0	0	31,17	0,00
Maio	950	245	0,26	136	0	2	56,33	1,45
Junho	100	18	0,18	12	5	0	94,44	0,00
Julho	250	0	0,00	0	0	0	0,00	0,00
Agosto	0	0	0,00	0	0	0	0,00	0,00
TOTAL	8091	913	0,11	494	6	4	55,2	0,79

Insetos associados à cultura da acerola *Malpighia puniceifolia* (L., 1762) na região de Cruz das Almas, BA

O cultivo da acerola *Malpighia puniceifolia* L. no Brasil, ganhou grande expressão a partir da década de 80, com o aumento da demanda pelo mercado externo e visando principalmente ao aproveitamento de seu teor de vitamina C. Em todo agroecossistema, área agrícola onde se explora uma cultura de expressão econômica, surge um elevado número de insetos associados às plantas cultivadas, podendo ser prejudiciais àquela cultura ou mesmo benéficos - os inimigos naturais das pragas. Na cultura da acerola, o número de espécies que provoca danos é relativamente baixo, e a intensidade dos danos varia de região para região. Objetivou-se identificar os principais insetos associados à acerola, seu período de maior ocorrência, bem como danos e sintomas causados entre junho de 1996 e dezembro de 1997.

O experimento foi conduzido na sede da *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical*, Cruz das Almas, BA, no Banco Ativo de Germoplasma de acerola - BAG. As avaliações foram efetuadas no período de junho de 1996 a dezembro de 1997, quinzenalmente, num grupo de 55 plantas em genótipos identificados como "promissores" de um universo de 275 plantas.

A Tabela 3 apresenta a relação de espécies com a Ordem, Família e hábito alimentar, onde pode-se constatar um número reduzido de espécies consideradas pragas da cultura, e um número razoável de espécies benéficas. O *A. acerolae* identificado por Clark (1998), espécie descrita pelo material coletado em Nova Soure, BA, ataca os botões florais da acerola.

A seguir, são relatadas as épocas de ocorrência dos principais insetos-praga para a cultura, com base em estudos desenvolvidos na região do Recôncavo da Bahia:

1 - Pulgão - *Aphis spiraeicola* (Patch, 1914) Hemiptera: Aphididae

Os maiores picos populacionais ocorrem no período de agosto a outubro.

2 - Percevejo vermelho - *Crinocerus sanctus* (Fabr., 1775) Hemiptera: Coreidae
Durante todo o ano, com pico populacional no período de agosto a fevereiro.

3 - *Orthezia praelonga* (Douglas, 1891) Hemiptera: Ortheziidae
Época de ocorrência: De outubro a março, período mais seco do ano.

4 - Bicudo do botão floral - *Anthonomus acerolae* (Clark, 1988) Coleoptera: Curculionidae
Os adultos ocorrem no período de setembro a abril, com pico populacional entre dezembro e fevereiro (Sá, 1999).

5 - Cigarrinha - *Bolbonata tuberculata* - (Coqueberg, 1801) Hemiptera: Membracidae
Durante os meses de março a setembro.

6 - Moscas-das-frutas *Ceratitis capitata* (Wied., 1824) e *Anastrepha* spp. Diptera: Tephritidae
Havendo frutificação, a espécie ocorre praticamente em todos os meses do ano.

Os resultados demonstram a grande diversidade de espécies associadas à cultura da acerola. Dentre as 25 espécies identificadas, seis merecem destaque pela alta frequência na região estudada: Bicudo do botão floral (*Anthonomus acerolae*), Percevejo vermelho (*Crinocerus sanctus*), Cigarrinha (*Bolbonata tuberculata*), Pulgão (*Aphis spiraeicola*), Ortézia dos citros (*Orthezia praelonga*). Deve-se ampliar os estudos em *A. acerolae* e em *C. sanctus* uma vez que ambos têm como alvo de ataque o fruto. Os insetos estudados apresentaram uma queda na população entre abril e junho, provavelmente pela falta do alimento, devido ao período de chuvas. As plantas apresentaram-se mais atacadas pelo *A. acerolae* e o *C. sanctus* (inseto adulto), chegando a 100% em janeiro de 1997 e 56,6% em dezembro de 1996.

Tabela 3. Relação de espécies de insetos associados à cultura da acerola, *Malpighia puniceifolia*, Cruz das Almas, BA, 1997.

Espécie	Ordem	Família	Hábito
<i>Anthonomus acerolae</i>	Coleoptera	Curculionidae	Fitófago
<i>Aphis spiraeicola</i>	Hemiptera	Aphididae	Fitófago
<i>Azya imitator</i>	Coleoptera	Coccinellidae	Predador
<i>Bolbonata tuberculata</i>	Hemiptera	Membracidae	Fitófago
<i>Camponotus (M.) blandus</i>	Hymenoptera	Formicidae	Trofobionte
<i>Ceratites capitata</i>	Diptera	Tephritidae	Fitófago
<i>Chilocorus sp.</i>	Coleoptera	Coccinellidae	Predador
<i>Crematogaster (E.) acuta</i>	Hymenoptera	Formicidae	Trofobionte
<i>Crinocerus sanctus</i>	Hemiptera	Coreidae	Fitófago
<i>Cycloneda sanguinea</i>	Coleoptera	Coccinellidae	Predador
<i>Cyphopsis clathratus</i>	Coleoptera	Curculionidae	Fitófago
<i>Dorymyrmex sp.</i>	Hymenoptera	Formicidae	Trofobionte
<i>Doryctobracon areolatus</i>	Hymenoptera	Braconidae	Parasitóide
<i>E. rufomarginata</i>	Hemiptera	Pentatomidae	Fitófago
<i>Ectatoma brunneum</i>	Hymenoptera	Formicidae	Trofobionte
<i>Edessa meditabunda</i>	Hemiptera	Pentatomidae	Fitófago
<i>Elasmus sp.</i>	Hymenoptera	Elasmidae	Parasitóide
<i>Enchenopa sp.</i>	Hemiptera	Membracidae	Fitófago
<i>Exoplectra sp.</i>	Coleoptera	Coccinellidae	Predador
<i>Machtima crucigera</i>	Hemiptera	Coreidae	Fitófago
<i>Orthezia praelonga</i>	Hemiptera	Ortheziidae	Fitófago
<i>Physocoryna scabra</i>	Coleoptera	Chrysomelidae	Fitófago
<i>Solenopsis (S.) saevissima</i>	Hymenoptera	Formicidae	Trofobionte
<i>Trachideres thoracicus</i>	Coleoptera	Cerambycidae	Fitófago

Fonte: Ampliado de Oliveira et al., 1998

Longevidade e reprodução de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashm.) (Hymenoptera: Braconidae) criado em larvas de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae).

Moscas-das-frutas são insetos que causam dano direto ao produto final, o fruto, sendo classificados como pragas-chave das fruteiras e, como tal, atingem o nível de dano econômico em densidades populacionais baixas, merecendo cuidados especiais durante o período de frutificação (Carvalho, 1988), especialmente em pomares orientados para o mercado externo. Devido aos inúmeros prejuízos que causam, têm sido estabelecidas numerosas barreiras fitossanitárias entre países e regiões, e organizadas continuamente campanhas multimilionárias de erradicação. Os métodos de controle utilizados são principalmente químico, cultural e comportamental (Técnica do Inseto Estéril - TIE), e têm custo muito elevado para governos e organizações internacionais.

Estudos da ocorrência e distribuição geográfica de parasitóides de moscas-das frutas no Brasil demonstram uma grande diversidade de espécies, com predominância dos braconídeos. Dentre estes, *Doryctobracon areolatus* (Szèpligeti, 1911) é a espécie mais abundante na maioria das regiões estudadas (Nascimento et al., 1984). Programas de controle biológico bem sucedidos têm sido reportados na literatura, e podem contribuir para o manejo integrado das moscas-das-frutas, tendo como principal ferramenta o uso de inimigos naturais. A maioria desses programas empregam parasitóides da família Braconidae e, dentre estes, *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) tem sido a espécie mais utilizada em nível mundial. Visando a utilização desse parasitóide no manejo de moscas-das-frutas em programas de manejo integrado, o estudo teve como objetivo conhecer sua performance reprodutiva sobre larvas de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824), buscando-se otimizar sua criação em laboratório.

Os trabalhos foram conduzidos no laboratório de Entomologia da *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical*, com sede em Cruz das Almas, BA. Os insetos foram criados em dieta artificial, em condições controladas de temperatura (25° C), umidade (60 - 80%) e 12 horas de fotofase. Quarenta fêmeas recém emergidas foram individualizadas em gaiolas cilíndricas de plástico transparente, com tela nas laterais e parte superior, com volume aproximado de 2.000 cm³. Vinte dessas fêmeas receberam, cada uma, a companhia permanente de um macho, para garantir a fecundação. Os machos ocasionalmente mortos antes das fêmeas foram substituídos. As outras 20 fêmeas permaneceram virgens para aferição da capacidade reprodutiva sem acasalamento. Os insetos foram alimentados com dieta artificial composta de mel de abelha, ácido ascórbico, nipagin, agar e água, conforme Carvalho et al. (1998), exposta em bandagens de nylon, e receberam água em pequenos frascos cobertos com chumaços de algodão, de acordo com a metodologia vigente no laboratório. A cada fêmea foram oferecidas, diariamente, cerca de 100 larvas de *C. capitata* em 3º estágio. A metodologia de criação de *C. capitata* foi adaptada de Diaz (1992). As larvas foram submetidas ao parasitismo em “unidades de exposição” confeccionadas a partir de um pequeno pedaço de tecido fino amarrado à maneira de um saco e dependurado na parte interior e superior da gaiola. As larvas ficaram assim expostas ao parasitismo pelo período de 24 h. Após esse tempo, foram transferidas para pequenos recipientes contendo vermiculita, para puparem. Este procedimento foi adotado durante todo o período de vida das fêmeas, possibilitando mensurar a longevidade dos parasitóides adultos fêmeas; o início, fim e picos de oviposição destas fêmeas; o número diário e total de descendentes produzidos por fêmea acasalada e não acasalada e a razão sexual da descendência.

Longevidade de fêmeas adultas

As fêmeas não acasaladas de *D. longicaudata* apresentaram longevidade máxima de 59 dias e mínima de 10 dias, com uma média em torno de 32,8 dias. Já as fêmeas acasaladas, exibiram uma menor amplitude entre os limites de idade, sendo 8 e 40 dias as longevidades mínima e máxima, respectivamente, e média de 25,5 dias de vida. Em ambos os casos, os limites máximos de sobrevivência encontrados muito se aproximam daqueles citados por Diaz (1992): 57 dias para fêmeas não acasaladas e 48 dias para fêmeas com reprodução sexual. O fato de fêmeas virgens terem sido mais longevas do que as acasaladas talvez possa ser explicado pela economia da energia que seria dispendida nos acasalamentos.

Período de oviposição

Constatou-se que, embora a atividade de oviposição estivesse presente durante toda a fase adulta das fêmeas não acasaladas, houve uma concentração de picos de oviposição no terço inicial deste período (até o 20º dia). No caso das fêmeas acasaladas, estes picos se mantiveram até mais ou menos a metade do seu ciclo de vida (também próximo ao 20º dia).

Quantificação da progênie

As fêmeas não acasaladas produziram, durante o seu ciclo, um número médio de 173,75 descendentes; sendo o mínimo de 0 e máximo de 371 parasitóides/fêmea. A média diária foi de 5,72 descendentes/fêmea. Quanto às fêmeas acasaladas, estas exibiram um mínimo de 3, um máximo de 312 e uma média para o ciclo de vida de 171,15 descendentes/fêmea. A média diária ficou em 7,16 parasitóides/fêmea. Observou-se que todas as fêmeas acasaladas originaram prole, ainda que em número insignificante (3 e 4 descendentes); enquanto dois espécimes da amostra de fêmeas virgens não produziram descendente algum. Esta suposta esterilidade pode estar relacionada à ausência de machos, atribuindo-se a estes a capacidade de estimular as fêmeas para a reprodução. Em ambos os casos, evidencia-se a concentração da descendência (em torno de 90%) nos intervalos de idade que compõem a primeira metade da vida das fêmeas. O perfil de oviposição das fêmeas é dado importante para a criação massal da espécie e definição do período ótimo de atividade dos parasitóides.

Razão sexual da descendência: Fêmeas não acasaladas de *D. longicaudata* produziram apenas descendentes machos. A progênie das fêmeas acasaladas mostraram uma razão sexual média da ordem de 0,52, ou seja, em média, 52% dos seus descendentes foram fêmeas.

A seguir, são apresentados os dados reprodutivos do parasitóide *D. longicaudata*

1- Fêmeas adultas de *D. longicaudata* quando não acasaladas vivem, em média, 22,25% mais que as acasaladas.

2- O período de oviposição de fêmeas acasaladas e não acasaladas coincide com a duração de seus estágios adultos, embora os picos de oviposição concentrem-se nos primeiros 20 dias de idade.

3- O número médio de descendentes/fêmea é praticamente igual para fêmeas virgens e acasaladas: em torno de 170 parasitóides/fêmea.

4- Fêmeas não acasaladas exibem o fenômeno da partenogênese arrenótoca.

5- A progênie de fêmeas acasaladas exibe uma razão sexual média de 0,52, praticamente 1:1, demonstrando uma participação equilibrada de ambos os sexos na descendência.

Transmissão do vírus da meleira do mamoeiro por insetos

Inúmeros são os estudos de transmissão de viroses por insetos vetores, dentre eles destacando-se os relacionados com afídeos, cigarrinhas e mosca-branca, evidenciando a relação hospedeiro-vírus-vetor (Yuki et al., 1998; Costa, 1998).

A mosca-branca atualmente se constitui em um grave problema fitossanitário, colonizando mais de 500 espécies vegetais, pertencentes principalmente às famílias Fabaceae, Compositae, Malvaceae, Solanaceae, Euphorbiaceae, Convolvulaceae e Cucurbitaceae, sendo na sua maioria dicotiledôneas (Salgueiro, 1993).

A meleira é atualmente o maior problema fitossanitário da cultura do mamoeiro, sendo responsável por perdas de 30 a 100% na produção dos pomares afetados no sul e nordeste da Bahia e norte do Espírito Santo, sendo relatada também nos estados de Pernambuco e Ceará (Rodrigues et al., 1989; Barbosa et al., 1998). Kitajima (1999), indica que o agente causal da meleira é o "Papaya sticky disease virus", PSDV e que o padrão de disseminação inicial sugere a existência de um vetor que traz o vírus de fora para dentro da plantação. Este trabalho teve com o objetivo identificar insetos-vetores do vírus da meleira do mamoeiro. O experimento foi desenvolvido nos Laboratórios de Entomologia e Fitovirologia, em gaiolas de campo e telado na sede da *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical*, localizada no município de Cruz das Almas-BA, com o objetivo de identificar insetos-vetores do PSDV. Quatro mudas de mamão cv. Solo, com aproximadamente dois meses de idade, foram inoculadas mecanicamente (ferimento com agulha) com látex de frutos de plantas infectadas por meleira, mantidas em gaiola de campo (2x1,5x1,5 m) com tela antiafídica até a realização dos testes. As seguintes espécies foram utilizadas nos testes de transmissão: pulgão (*Toxoptera citricidus* e *Myzus persicae*), cigarrinha (*Empoasca bordia*) e mosca-branca (*Bemisia tabaci* Biótipo B), sendo colocados separadamente em gaiolas de campo, contendo três mudas sadias de mamão, obedecendo as seguintes etapas:

Período de aquisição (P.A.A.)

Os insetos foram coletados com o auxílio de um pincel (afídeos) e um aspirador bucal (cigarrinha e mosca-branca), sendo separados em grupos de 10 e 20 indivíduos adultos e/ou ninfas e posteriormente, colocados em um recipiente de vidro (15 cm de diâmetro x 10 cm de altura) com tampa de tela, permanecendo por um período de 1 hora

sem alimentação (jejum). Após o jejum, os insetos foram transferidos para uma gaiola de campo contendo planta com meleira, onde permaneceram por períodos de 48 h e 30 min. 2.

Período de acesso e inoculação (P.A.I.)

Após o P.A.I., grupos de 10 e 20 espécimens de cada espécie foram transferidos para uma gaiola telada (50 x 25 x 25 cm) contendo uma planta de mamão sadia (planta-teste) com três meses de idade, onde permaneceram por um período de 24 e 72 horas, para alimentação. Para cada tratamento, foram utilizados como controle, insetos provenientes das mesmas colônias, submetidos aos mesmos procedimentos acima descritos, exceto o P.A.A, que neste caso foi realizado em planta sadia. Após o P.A.I., as plantas foram mantidas em um telado por um período de trinta dias, sendo transplantadas posteriormente para gaiolas de campo (duas plantas por gaiola), onde permaneceram por um período de nove meses ou até a frutificação, sendo submetidas a análises para detecção do dsRNA do PSDV, e observação de sintomas da doença. A análise estatística foi realizada testando-se as proporções via aproximação normal pelo teste Z em nível de 5% de probabilidade. Aos três e nove meses após o P.A.I., coletou-se amostras de folhas novas de todas as plantas utilizadas nos testes, as quais foram processadas e avaliadas de acordo com o protocolo de Morris & Dodds (1979) modificado por Habibe et al. (1999). Após o transplante para as gaiolas de campo, as plantas foram avaliadas mensalmente, por um período de nove meses quanto ao aparecimento dos sintomas da meleira.

Testes com *Empoasca bordia*

Não foi detectado dsRNA do PSDV nas plantas infestadas pelos insetos submetido ao P.A.A, como também nas plantas controle. Estes resultados corroboram com Vital et al. (2005), quando demonstraram que *Empoasca* sp. não foi capaz de transmitir o vírus da meleira do mamoeiro (PSDV).

Testes com *Toxoptera citricidus* e *Myzus persicae*

A análise eletroforética não revelou a presença do dsRNA do PSDV nas plantas testadas. Apesar dos afídeos serem o grupo de vetores mais importante e eficiente na transmissão de mais de 275 fitoviroses (Nault 1997), inclusive para mamão, não foram capazes de transmitir o vírus da meleira.

Testes com *Bemisia tabaci* biótipo B

Três meses após a infestação, constatou-se a presença de dsRNA com migrações semelhantes ao de plantas naturalmente infectadas pela meleira (Figura 1A). Das seis plantas infestadas por *B. tabaci* biótipo B, submetidas ao (P.A.A.), cinco foram infectadas pelo vírus da meleira, com uma percentagem de transmissão de 83%. Nove meses após a infestação, todas as plantas infestadas por *Bemisia tabaci* biótipo B, submetidas ao P.A.A., apresentaram dsRNA do vírus da meleira, não sendo detectado em nenhuma das plantas controle (Figura 1B). Habibe et al. (2001) transmitiram o PSDV para mamoeiros sadios, mediante inoculação com macerado de *Bemisia tabaci* GENN biótipo B, coletadas em mamoeiros infectados pela doença, indicando o potencial de *B. tabaci* como vetor.

O índice de infecção observado aos três e nove meses após a infestação, demonstra alta eficiência do inseto como vetor (Tabela 4).

A capacidade da mosca-branca em transmitir virose para o mamoeiro foi relatada por Sangeeta et al. (1998) na Índia, onde *Bemisia tabaci* é responsável pela transmissão de um Geminivírus para mamão. No Brasil, a ocorrência de mosca-branca em mamão foi relatada por Vieira & Correa (2001), que encontraram *Trialeurodes* sp. e *Bemisia tabaci* biótipo B, colonizando e se alimentando em mamoeiros protegidos em telado. Concluiu-se que: a) a cigarrinha *Empoasca bordia*, os pulgões *Toxoptera citricidus* e *Myzus persicae*, não transmitiram o vírus da meleira do mamoeiro; b) a mosca-branca, *Bemisia tabaci* Biótipo B transmitiu o vírus da meleira do mamoeiro; c) A identificação de *Bemisia tabaci* Biótipo B como vetor do vírus da meleira do mamoeiro, confirma a hipótese do envolvimento de uma causa biótica na transmissão e disseminação da doença.

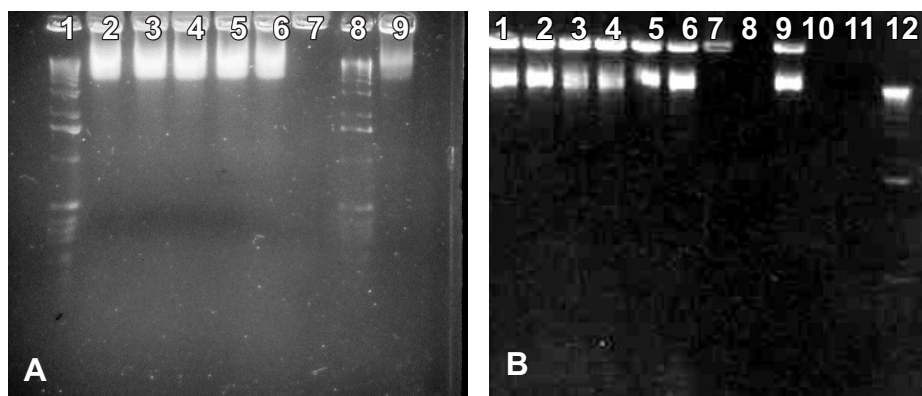


Figura 1. Gel de agarose a 1,2%, contendo extrações de dsRNA de amostras de látex e folhas de mamoeiro. A) 1: Marcador de DNA 1Kb ; 2-6: Amostras de plantas infestadas por *Bemisia tabaci* biótipo B; 7 controle negativo; 8: Marcador de DNA 1Kb; 9:Látex de planta naturalmente infectada pela meleira. B) 1-6: Amostras de plantas infestadas por *Bemisia tabaci* biótipo B; 7-8/10-11: controle negativo; 9: meleira; 12: Marcador de DNA 1Kb. A) Três meses após infestação; B) Nove meses após infestação

Tabela 4 . Percentagem de plantas infectadas pelo vírus da meleira, após infestação por insetos (Cruz das Almas-Bahia, 2001).

ESPÉCIE	Nº de plantas infestadas	1ª avaliação 90 dias	2ª avaliação 270 dias
<i>Bemisia tabaci</i> biótipo B	6	83%*	100%*
<i>Empoasca bordia</i>	6	0% NS	0% NS
<i>Toxoptera citricidus</i>	6	0% NS	0% NS
<i>Myzus persicae</i>	6	0% NS	0% NS

* = Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Z.

NS = não significativo

A meleira do mamoeiro no trópico semi-árido

O mamoeiro é uma das fruteiras mais cultivadas e consumidas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (Chen et al., 1991). Contribuindo com cerca de 25% da produção mundial, o Brasil desponta como líder do “ranking” dos países produtores de mamão com uma produção de 1.500.000 t/ano (FAO, 2003). Apesar dessa posição de destaque, a totalidade de sua área está implantada basicamente sobre três cultivares pertencentes a dois grupos, Solo e Formosa. Além do problema inerente a esta estreita base genética, o que implica em vulnerabilidade às pragas, doenças e variações edafoclimáticas, o elevado preço e a dificuldade de obtenção de sementes do híbrido F₁ comercial do grupo Formosa, também constituem fatores limitantes à expansão da cultura (Oliveira, 1994; Dantas, 1999).

O mamoeiro é altamente suscetível às doenças fúngicas e viróticas, destacando-se nesse contexto a meleira do mamoeiro (Habibe et al., 2002). A disseminação dessa virose vem se dando de forma crescente, atingindo diversas áreas de cultivos comerciais no país, como os localizados no sul da Bahia, Rio Grande do Norte, Paraíba, Espírito Santo, Ceará e Pólos Frutícolas de Juazeiro-BA e Petrolina-PE. Nos últimos anos, tem-se observado um elevado número de plantios atacados pelo PSDV na região do vale Sub-Médio São Francisco, tendo como agravante a essa situação a ação de um complexo de fungos atacando a cultura, principalmente nos plantios irrigados. A ocorrência da meleira vem ocasionando grandes prejuízos à produção da fruta. A disseminação do vírus ocorre de fora para dentro da plantação, pelo inseto vetor, a mosca-branca (*Bemisia tabaci* GENN biótipo B). Nas linhas de plantio, a disseminação do vírus também ocorre durante as operações de eliminação das folhas quando não é feita a desinfecção das ferramentas utilizadas. O objetivo do presente trabalho foi gerar informações sobre o comportamento varietal de mamoeiros ao PSDV, sob condições de trópico semi-árido.

Avaliou-se, neste trabalho, 16 genótipos de mamoeiro, obtidos no Banco Ativo de Germoplasma (BAG-Mamão) da *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, Cruz das Almas-BA, quanto à sua suscetibilidade ao PSDV. Os acessos foram introduzidos em duas áreas distintas, ambas localizadas em Petrolina-PE: área 1- lote de produtor de mamão,

apresentando alto índice de infecção pela meleira; área 2- Estação Experimental da *Embrapa Semi-Árido*, sem a presença do vírus. Nesta área, para obtenção da fonte de inóculo, as bordaduras foram inoculadas mecanicamente com meleira. As plantas foram monitoradas durante o período entre janeiro de 2001 a outubro de 2002, quanto a presença dos sintomas e dsRNA característicos da doença.

Na área 1, lote do produtor, observou-se um grande número de plantas infectadas pelo PSDV, assim como uma elevada colonização de mosca-branca *Bemisia tabaci* (GENN), biótipo B nos mamoeiros presentes na área. Entretanto, na área 2, Campo experimental da *Embrapa Semi-Árido*, área sem histórico da doença, verificou-se uma baixa ocorrência de mosca-branca. A disseminação da infecção pelo PSDV, nas áreas avaliadas, inicialmente foi mais rápida na área 1 (Produtor), comparativamente à área 2 (*Embrapa Semi-Árido*). Entretanto, ao final das avaliações, as duas áreas apresentaram o mesmo percentual de infecção pelo PSDV. Além disso, observou-se que a velocidade de disseminação do vírus na área 1 foi superior à apresentada na área 2, havendo um maior número de plantas infectadas em um menor espaço de tempo (Figura 2).

A disseminação mais rápida do vírus na área 1, lote de produtor de mamão, pode ser explicada pela presença de grande número de mamoeiros infectados pelo PSDV, além de ser observada alta colonização destas plantas por mosca-branca, inversamente ao que foi observado na área 2. Na medida em que houve um aumento populacional deste inseto na área 2, foi observada a elevação no número de acessos infectados. Estes resultados corroboram com os obtidos por Vidal et al. (2000), que indicaram ser a mosca-branca vetor da meleira, mediante a transmissão experimental do PSDV para mamoeiro por mosca-branca *B. tabaci* (GENN), biótipo b. Os acessos CMF 023, CMF 012 e CMF 008 mostraram-se altamente suscetíveis ao PSDV. Foram considerados de baixa suscetibilidade ao vírus o Tainung N° 1 e os acessos CMF 018, CMF 054.

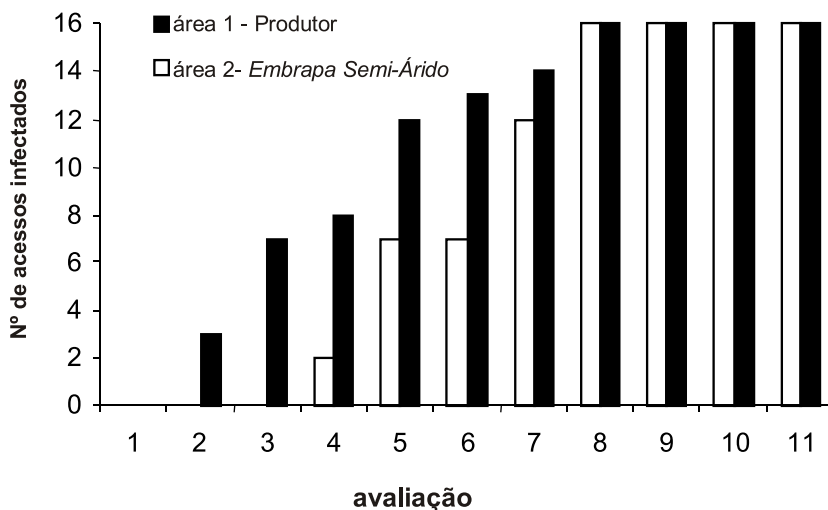


Figura 2. Avanço da infecção pelo PSDV em 16 acessos de mamoeiro, avaliados sob condições de trópico semi-árido em área de produtor área 1 e Campo experimental da *Embrapa Semi-Árido* - área 2. Petrolina PE, 2002.

Os resultados obtidos poderão servir de subsídio aos programas de melhoramento genético do mamoeiro, assim como, fonte de informações para estabelecimento de estratégias de controle para a meleira.

AGRADECIMENTOS

O texto acima é uma compilação das Dissertações de Mestrado, desenvolvidas no “Curso de Mestrado em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia”, sob orientação do Dr. Antonio Souza do Nascimento. Os autores dessa compilação agradecem aos Mestres: Noemi Elizabeth Castro Portilla, Walkyria Maria Sampaio Sá, Sérgio Wally Pereira Bispo e Carlos Augusto Vidal.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, C. de J., MEISSNER FILHO, P.E.; HABIBE, T.C. A meleira do mamoeiro. **Bahia Agrícola**, v. 2, p. 57. 1998.
- CARVALHO, R. DA S.; A. S. NASCIMENTO; W. J. R. MATRANGOLO. 1998. Metodologia de criação do parasitóide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF, 1998. 16 p. (EMBRAPA CNPMF. Circular técnica, 30).
- CARVALHO, R.P.L. Alternativas de controle: métodos culturais, atraentes, resistência varietal e controle biológico. In: SOUZA, H.M.L. de. **Moscas-das-frutas no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. p. 86-107. 1988.
- CARVALHO, R.S.; NASCIMENTO, A.S.; MATRANGOLO, W.J.R. Controle biológico. In: MALAVASI, A; ZUCCHI, R.A. (Editores). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: Conhecimento básico e aplicado** Ribeirão Preto: Holos 2000. p.113-117.
- CHEN, M.H.; CHEN, C.C.; WANG, D.N.; CHEN, F.C. Somatic embryogenesis and plant regeneration from immature embryos of *Carica papaya* x *Carica cauliflora* cultured in vitro. **Canadian Journal of Botany**, v. 69, n.9, p. 1913-1918, 1991.
- CLARK, W. E. Review of the *Anthonomus alboscuteellatus* species group, with description of a new species (Coleoptera: Curculionidae). **The Coleopterists Bulletin**, Allen Press,inc., Lawrence, Kanass. v. 42 , n. 4, p. 379-386, 1988.
- COSTA, C. L. Vetores de vírus de plantas 1. Insetos. In: **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Brasília: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 1998. p. 103-177.
- DANTAS, J.L.L. **Cultivares**. In: Sanches, N.F., Dantas, J.L.L. (eds.). O cultivo do mamão. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. p. 67.
- DIAZ, J.L.C. Cria de *Diachasmimorpha longicaudata* parasitoide de moscas de la fruta: fundamentos y procedimientos. In: CURSO INTERNACIONAL SOBRE MOSCAS DE LA FRUTA, 6, Chiapas. **Anais...** p. 39-49. 1992.
- DIDONET J. et al. Insetos associados à aceroleira (*Malpighia spp.*) no município de Gurupí -TO. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal SP, v. 21, n. 2, p. 212-215, agosto, 1999.
- FAO. FAOSTAT. Agriculture Statistics Database. Disponível em: <<http://www.fao.Org/waicent/agricult.htm>> . Acesso em: 26 jun. 2003.
- HABIBE, T C.; NASCIMENTO, A. S.; VIDAL, C. A. Transmissão da meleira para mamoeiros inoculados com macerado de mosca-branca *Bemisia tabaci* GENN. biótipo B. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 34, 2001, São Pedro. **Resumos...** São Paulo: UNESP, 2001. p.526.
- HABIBE, T. C.; BARBOSA. C. J.; NASCIMENTO, A. S. Metodologia simplificada para a detecção de formas replicativas de vírus em mamoeiros afetados pela meleira. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 21., 1999, Botucatu. **Resumos...** São Paulo: UNESP, 1999. p. 79.
- HABIBE, T.C., SANTOS FILHO, H.P., DANTAS, J.L.L.; GONÇALVES, H.J. Complexo fúngico e meleira do mamoeiro: prejuízos à cultura no Vale Sub-Médio São Francisco. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, p.118, 2002. Suplemento.
- KITAJIMA, E. W. Víroses de fruteiras tropicais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.25, n.1, p. 34-41, jan. 1999.

- LIMA, R. C. A. et al. Etiologia e estratégias de controle de viroses do mamoeiro no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.26, n.4, p. 689-702, dez. 2001.
- MALAVASI, A.J.S.; MORGANTE; ZUCCHI. Biologia de moscas-das-frutas (Díptera:Tephritidae) I: Lista de hospedeiros e ocorrência **Revista Brasileira de Biologia**. Rio de Janeiro, v. 40, n. 1, p. 9-16, fevereiro, 1980.
- MORRIS, T. J.; DODDS, A. J. Isolation and analysis of double-stranded RNA from virus-infected plant and fungal tissue. **Phytopathology**, St. Paul, v. 69, n. 8, p. 854-858, Ago. 1979.
- NASCIMENTO, A. de S. et al. Entomofauna associadas à cultura da acerola (*Malpighia puniceifolia*) em Cruz das Almas, Bahia. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA - CNPMF, 1998. 3 p. (Pesquisa em andamento, 57).
- NASCIMENTO, A. de S. et al. Insetos pragas associados a cultura da acerola. Cruz das Almas BA: EMBRAPA CNPMF, 1999. 6 p.
- NASCIMENTO, A. S.; ZUCCHI, R. A. Dinâmica populacional de moscas-das-frutas (Díptera: Tephritidae) no Recôncavo Baiano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 16, n. 6, p. 763-767. Junho, 1981
- NASCIMENTO, A.S.; MESQUITA, A. L ; ZUCCHI, R.A. Parasitism of pupae of *Anastrepha* spp. (Diptera, Tephritidae) by *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti, 1911) (Hymenoptera, Braconidae) in citrus and tropical fruits. IV JAPAN-BRASIL SYMPOSIUM ON SCIENCE AND TECHNOLOGY, **Anais...** v. 2, n. 4, p. 239-246. 1984.
- NAULT, L. Arthropod transmission of plant viruses: a new syntesis. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 90, p. 521-541, 1997.
- OLIVEIRA, M. de A.; OLIVEIRA, A. M. G. Como produzir mudas de mamoeiro. Cruz das Almas-BA: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 1994. 2 p. (Mamão em foco, 1).
- RODRIGUES, C. H.; ALVES, F. L.; MARIN, S. L. D. Ocorrência e sintomas da meleira do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 22, 1989, Rio de Janeiro. **RESUMOS...** Rio de Janeiro. Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 1989, p. 118.
- SÁ, W. M. S. **Insetos associados à cultura da acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) na região de Cruz das Almas, BA.** Cruz das Almas, BA. 1999. 48 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.
- SALGUEIRO, V. Perspectivas para el manejo del complejo mosca-blanca-virosis. Taller del CentroAmericano y del Caribe sobre moscas blancas, 1992, Turrialba, Costa Rica. Memória: **Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en America Central y el Caribe.** Turrialba: CATIE, 1993. p. 20-26 (CATIE Informe Técnico, 205).
- SANGEETA, S. et al. Leaf curl disease of *Carica papaya* from India may be caused by bipartite geminivirus. **Plant disease**, Minesota, v. 82, n. 1, p. 126. jan. 1998.
- VIDAL, C. A.; NASCIMENTO, A. S.; HABIBE, T. C. Transmissão do vírus da meleira do mamoeiro ("papaya sticy disease virus") por insetos. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 17, n. 2, p. 101-106, mai./ago., 2005.
- VIDAL, C.A. NASCIMENTO, A.S. do, HABIBE, T.C., BARBOSA, C.de J.; MARQUES, O.M. Experimental transmission of "Sticky disease" of papaya by *Bemisia argentifolli* Bellows & Perring. In: 18º INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, Foz do Iguaçu, PR. 2000. **Anais...** pp. 819. (abstract book II).

VIEIRA, M. R.; CORREA, L. S. Ocorrência de moscas-brancas (Hemiptera: Aleyrodidae) e do predador *Delphastus pusilus* (LeCont) (Coleoptera: Coccinellidae) em mamoeiro (*Carica papaya* L.) sob cultivo em ambiente protegido. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 1, p. 171-173. mar. 2001.

YUKI, V. A. et al. Transmissão experimental do vírus do mosaico dourado do feijoeiro por *Bemisia argentifolii* Bellwos e Perring. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 675-678, dez. 1998.

ZUCOLOTO, F. S. Adaptation of a *Ceratitis capitata* population to an animal protein based diet. **Entomologia Experimentalis Applicata**. Dordrecht, v. 67, p. 119-127. janeiro, 1993.

CAPÍTULO 11

INTERAÇÃO ENTRE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E PATÓGENOS RADICULARES DE CITROS

Antônio Alberto Rocha Oliveira, Cláudia Melo da Paixão
& Robélia Tosta Dias Amorim

INTERAÇÃO ENTRE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E PATÓGENOS RADICULARES DE CITROS

Antonio Alberto Rocha Oliveira¹; Cláudia Melo da Paixão²; Robélia Tosta Dias Amorim³

¹Pesquisador - Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas-BA

²Mestre em Ciências Agrárias/UFBA, Cruz das Almas-BA

³Eng. Agr. Escola de Agronomia/UFBA, Cruz das Almas-BA

INTRODUÇÃO

A produtividade de um pomar de citros depende em grande parte da qualidade da muda usada na sua implantação. Assim, a muda cítrica é considerada o insumo mais importante na formação de um pomar, sendo de interesse dos viveiristas e técnicos a obtenção de mudas saudáveis, vigorosas, de crescimento rápido, bem como portadoras de uma rizomassa desenvolvida.

Diversos fatores podem influenciar o desenvolvimento das mudas e, dentre eles, o grande número de doenças que incide sobre a cultura, das quais, mais de 52 são atribuídas a fungos e bactérias. Dentre os fungos que afetam a cultura dos citros, o gênero *Pythium* destaca-se como patógeno de grande importância. Esse fungo é amplamente distribuído no mundo, atacando partes subterrâneas das plantas ou partes destas que se desenvolveram próximas ao solo, causando diferentes tipos de doenças, tais como: podridão de sementes, estiolamento de pré e pós-emergência, podridão de raízes e podridão mole de órgãos suculentos. Estratégias de manejo consistem, dentre outras, no uso de porta-enxertos resistentes, uso de práticas culturais que minimizem a exposição da suscetibilidade do tecido do enxerto ao fungo e na fumigação do solo antes do plantio. A aplicação de fungicidas sistêmicos pode provocar boa supressão da doença, mas nem sempre é desejável devido ao alto custo, probabilidade de desenvolvimento de resistência e potencial de risco ao ambiente (Rossetti, 1991).

Nos anos recentes, vem se multiplicando o número de pesquisas que fazem uso do método de controle biológico, notadamente o uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) para o controle de diversas fitomoléstias (Zambolim, 1991; Fontes, 1992; Guillemín et al., 1994). Esses fungos formam associações mutualísticas com as raízes das plantas e ocorrem na maioria das espécies em condições naturais, sendo responsáveis pela maior absorção de água e nutrientes do solo pelas plantas (Zambolim & Siqueira, 1985). O efeito benéfico é devido, principalmente, à formação de micélio externo à raiz que, constituindo uma superfície adicional, permite melhor distribuição das raízes no solo, aumentando, com isso, a retirada de elementos minerais pouco móveis, como o fósforo. Das frutíferas estudadas nos últimos anos, as plantas cítricas foram identificadas como as mais dependentes dos FMAs e que também redundaram em melhores respostas, principalmente em solos com baixo nível de fósforo disponível na solução, o que caracteriza os principais solos brasileiros utilizados para a citricultura (Hoffmann et al., 1996).

O efeito de FMAs, em relação aos fitopatógenos, depende de quais organismos se estabelecem primeiro no tecido das raízes (Siqueira, 1994). O efeito protetor ocorre quando ambos os microrganismos estão simultaneamente presentes na rizosfera ou na raiz da planta, sendo que a pré-colonização da raiz pelo fungo micorrízico garante uma proteção mais eficiente. Assim, este efeito deve começar durante a fase inicial de desenvolvimento do vegetal e continuar durante todo ciclo da cultura (Silveira, 1992). Efeitos benéficos foram observados em plantas de tomate cultivar "Pusa Ruby", em termos de redução de danos causados por *Pythium aphanidermatum*, quando inoculado com *Glomus fasciculatum*. Quando *Glomus* foi inoculado simultaneamente ou duas semanas antes do fitopatógeno, a incidência de "damping-off" foi reduzida e o peso da raiz aumentada, em relação à inoculação micorrízica duas semanas depois do fitopatógeno. Este resultado sugere que FMAs podem colonizar e proteger plantas de tomate de "damping-off", quando a mesma ainda não está infectada por *P. aphanidermatum* (Hedge & Rai, 1984). Em outro trabalho, Eyer & Sundaraju (1993), estudando gengibre, observaram que os FMAs foram favoráveis ao crescimento das plantas reduzindo a percentagem de infecção por *P. aphanidermatum*. Calvet et al. (1993) citam que *Glomus mosseae* inoculado em cravo de defunto (*Tagetes erecta* L.) protegeu a planta de *Pythium ultimum*, havendo aumento de biomassa vegetal. St-Arnaud (1994) observou que a inoculação de *G. intraradices* com *Pythium ultimum* não afetou a biomassa de *Tagetes patula* e em plantas jovens não afetou a colonização das raízes por *Glomus*. A inoculação conjunta dos dois microrganismos fez reduzir o número de propágulos do patógeno e aumentou rapidamente o mecanismo de resistência à doença. Davis & Menge (1980) demonstraram que, em solos fertilizados com 6 g de P/g de solo, o total de

peso seco de citros micorrizados com *Glomus fasciculatum* foi maior que na condição não inoculada. Esse estudo sugere que plantas cítricas micorrizadas são eficientes no controle de *Phytophthora* em condições de baixa fertilidade.

Dessa forma, o emprego de plantas cítricas micorrizadas oferece grandes possibilidades de exploração, pois pode resultar em mudas mais precoces, com maior desenvolvimento, mais tolerantes à fitopatógenos e ao estresse do transplantio e do ambiente, a um menor custo de produção por reduzir gastos com defensivos agrícolas e fertilizantes, contribuindo desta forma para a biodiversidade e sustentabilidade agrícola. Entretanto, na cultura dos citros, a literatura nacional e internacional sobre interação entre estes fungos simbióticos e aqueles patogênicos é muito escassa em resultados de pesquisa. Assim, buscou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de FMAs nativos e/ou *Gigaspora margarita* e de *Pythium aphanidermatum* no desenvolvimento e nutrição de mudas cítricas, em substrato natural e autoclavado, bem como obter informações complementares sobre a viabilidade da utilização de porta-enxerto tangerina 'Cleópatra' como alternativa ao limão 'Cravo'.

Ensaio

O experimento foi conduzido na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, localizada no município de Cruz das Almas, Estado da Bahia, no período abril a setembro de 1999, sob condições de casa de vegetação. Como substrato foi utilizado uma mistura de latossolo amarelo distrófico, coletado na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, com um solo arenoso coletado no campo da Central de Tratamentos de Efluentes (CETREL) e uma parte de areia grossa lavada coletada em rio, numa proporção de 1:1:1 (v:v:v).

Os tratamentos constaram de solo natural, para que fosse garantida a presença de espécies nativas de fungos micorrízicos bem como a microbiota natural do substrato e de solo autoclavado. A esterilização foi feita em autoclave durante uma hora à pressão de uma atmosfera, a 120°C.

Sementes de limão 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck CV) e tangerina 'Cleópatra' (*Citrus reshni* Hort. ex Tan.) foram retiradas de frutos maduros originados de uma única planta apropriada para matriz, cultivada no pomar da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. A semeadura foi realizada em casa de vegetação, empregando-se como recipientes, sementeiras de isopor que foram preenchidas com areia previamente autoclavada, numa pressão de 1 atmosfera por 1 hora a 120 °C. Em cada abertura foi colocada uma semente para obtenção dos porta-enxertos. Duas semanas pós-germinação, as plântulas foram selecionadas de acordo com a altura e o número de folhas, dois a três pares definitivos, sendo, então, transplantadas para os vasos que já continham o substrato.

A espécie de fungo micorrízico arbuscular utilizada, *Gigaspora margarita*, procedente da coleção de FMAs do Laboratório de Nematologia e Microbiologia do Solo da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, foi multiplicada, durante cinco meses, em vasos contendo uma mistura de solo de baixa fertilidade: areia grossa lavada: turfa (1:1:1 v:v:v) autoclavada, em condições controlada de casa de vegetação, utilizando-se sorgo (*Sorgum vulgare*) como planta multiplicadora.

O inóculo foi constituído por 20 g da mistura de solo que foi pesada de forma a fornecer aproximadamente 900 esporos por vaso, micélio e raízes infectadas. Visando fornecer aos tratamentos não inoculados com *G. margarita* a população de outros microrganismos existentes no inóculo utilizado no experimento com este fungo usado, uniformizando, assim, a microbiota entre os tratamentos, todos os vasos não inoculados com *G. margarita* receberam 10 mL de um filtrado do inóculo isento de propágulos de FMAs. Esse filtrado foi obtido a partir de 20 g do substrato dos "vasos de cultivo" usado na multiplicação dos FMAs em 1 litro de água deionizada e peneiramento úmido em peneira de 400 "mesh" (0,037 m de abertura) com a finalidade de reter propágulos de FMAs e deixar passar os outros microrganismos presentes na microbiota desse substrato.

No ato do transplantio das mudas para os vasos, foi realizada a inoculação com o FMA. Fez-se um orifício central no substrato, simulando plantio de mudas em cova e no fundo deste orifício, distribuiu-se um pouco do inóculo. Colocou-se, então, a muda, ao mesmo tempo em que se distribuiu o restante do inóculo ao redor e sobre as raízes da mesma, permitindo-se, desta forma, um contato íntimo. De forma semelhante à descrita na inoculação com FMAs, procedeu-se à inoculação com o filtrado usado nos tratamentos sem FMAs.

Amostras de mudas de limão 'Cravo' com sintomas semelhantes àqueles causados por "damping off" foram coletadas e trazidas para o laboratório de Fitopatologia. A partir das lesões nas mudas selecionadas, obtiveram-se diferentes isolamentos. No preparo do inóculo, triturou-se o conteúdo das placas (cultura pura com fungos com 18 dias de idade) acrescido de 200 mL de água deionizada, durante dois minutos, em liquidificador, aumentando-se gradativamente a velocidade até o máximo. Do preparado de *P. aphanidermatum* foi retirado uma amostra de 1 mL para contagem em hemacitômetro de Rosenthal estimando-se, assim, a densidade de $3,4 \times 10^5$ esporângios mL⁻¹ e, a partir desta, a concentração da suspensão a ser utilizada foi ajustada para 10^4 esporângios mL⁻¹.

A inoculação de *P. aphanidermatum* foi realizada juntamente com a de *G. margarita*, simultaneamente ao transplântio das mudas, através da aplicação de 50 ml de uma suspensão contendo hifas, zoósporos e esporângios distribuídos uniformemente sobre as raízes na superfície do substrato ao redor das plantas. Para as testemunhas, sem fitopatógenos, triturou-se meio de cultura sem fungos, e obedecendo procedimento idêntico ao do tratamento com inoculação do fungo, inoculou-se o preparado no mesmo volume da suspensão.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 2x2x2x2 com quatro repetições, perfazendo um total de 64 vasos. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso plástico contendo uma muda.

O experimento foi conduzido durante, aproximadamente, cinco meses, sendo avaliados: altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, peso da matéria seca da parte aérea e das raízes, comprimento de raiz, densidade de esporos e colonização micorrízica.

Para determinação da colonização micorrízica, usaram-se apenas as radículas, que foram lavadas em água destilada e cortadas em segmentos de aproximadamente 1cm. O descoramento e a coloração das raízes foram realizados a partir da metodologia de Phillips & Hayman (1970) que foi modificada empregando-se KOH 10 % em banho-maria a 90 °C durante 40 minutos, água alcalina durante 15 minutos, HCl 3 % em 5 minutos, 12 horas em azul-de-trípano a 0,05 %.

A percentagem de segmentos colonizados foi determinada pela visualização sob microscópio estereoscópio de 50 segmentos radiculares de aproximadamente 1 cm de comprimento dispostos em lâminas de vidro contendo glicerina e cobertas com lamínulas, com base em metodologia proposta por Giovannetti & Mosse (1980). O comprimento total das raízes foi determinado pelo método da intersecção linear em placa quadriculada, de acordo com Newman (1966). Para esta determinação, foram utilizadas radículas e raízes mais grossas também cortadas em aproximadamente 1cm de comprimento.

Os esporos foram extraídos em 50 g de substrato úmido através de peneiramento e centrifugação em solução de sacarose 50 % por 5 e 1 minuto, respectivamente (Gerdemann & Nicolson, 1963; Pacioni, 1992). Em seguida foram colocadas em placas de Petri quadriculadas e através de lupa estimou-se a densidade total de esporos (Giovannetti & Mosse, 1980). Sub-amostras pesando 50 g de substrato úmido foram colocadas em estufa a 60 °C, durante 2 dias, para obtenção de peso da matéria seca e, por regra de três, obteve-se o número de esporos por grama de substrato seco.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5%, para comparação das médias conforme o delineamento experimental utilizado, através do programa estatístico SAEG (Ribeiro Junior, 2001).

Densidade de esporos de FMAs e colonização micorrízica

Ocorreram diferenças significativas em relação a todos os tratamentos isoladamente. Na Figura 1, são apresentados os dados sobre densidade de esporos micorrízicos na rizosfera e taxa de colonização micorrízica dos porta-enxertos, aos 150 dias pós-semeadura.

A pequena quantidade de esporos observada no tratamento testemunha, substrato autoclavado e não inoculado, pode ser predominantemente refugo da esterilização, estando inviável, já que a colonização micorrízica foi praticamente ausente neste tratamento.

Nos tratamentos com *G. margarita*, observou-se tendência de maior esporulação em substrato natural, o que, possivelmente, deve ser devido à presença de fungos nativos já adaptados ao substrato mais a introdução de *G. margarita*, que, também, apresentou boa adaptação. Além disso, como os esporos de *Gigaspora* são grandes, a quantidade produzida é menor em comparação com a de outras espécies, justificando-se a menor densidade de esporos dos tratamentos autoclavados.

Nas plantas sem *Pythium*, a densidade de esporos foi maior para o limão 'Cravo', entretanto, na presença deste patógeno, verificou-se menores valores em praticamente todos os tratamentos.

Pelos dados de colonização apresentados por *G. margarita* em substrato autoclavado, para os dois porta-enxertos, acima de 98 e 48%, na ausência e presença de patógenos, respectivamente, evidencia-se que os propágulos deste fungo eram viáveis e estavam em quantidades suficientes para garantir a colonização das radículas e resposta da planta.

Os fungos nativos apresentaram colonização acima de 45 e 40% na ausência e presença do patógeno, respectivamente, evidenciando, também, estabelecimento no substrato e boa capacidade de colonização das raízes dos porta-enxertos cítricos. *G. margarita* promoveu maior colonização micorrízica em substrato autoclavado ou em substrato natural, comparada aos fungos nativos isoladamente. Entretanto, os maiores valores de colonização foram observados em substrato autoclavado, podendo-se inferir que os FMAs nativos reduziram os efeitos proporcionados por *G. margarita*, visto que, na ausência destes fungos, a resposta à inoculação foi significativamente maior para as

duas variedades. Segundo Brundrett & Juniper (1995), fatores como emissão múltipla de tubos germinativos e o grande tamanho dos esporos favorecem a viabilidade e capacidade de colonização das espécies de *Gigaspora*.

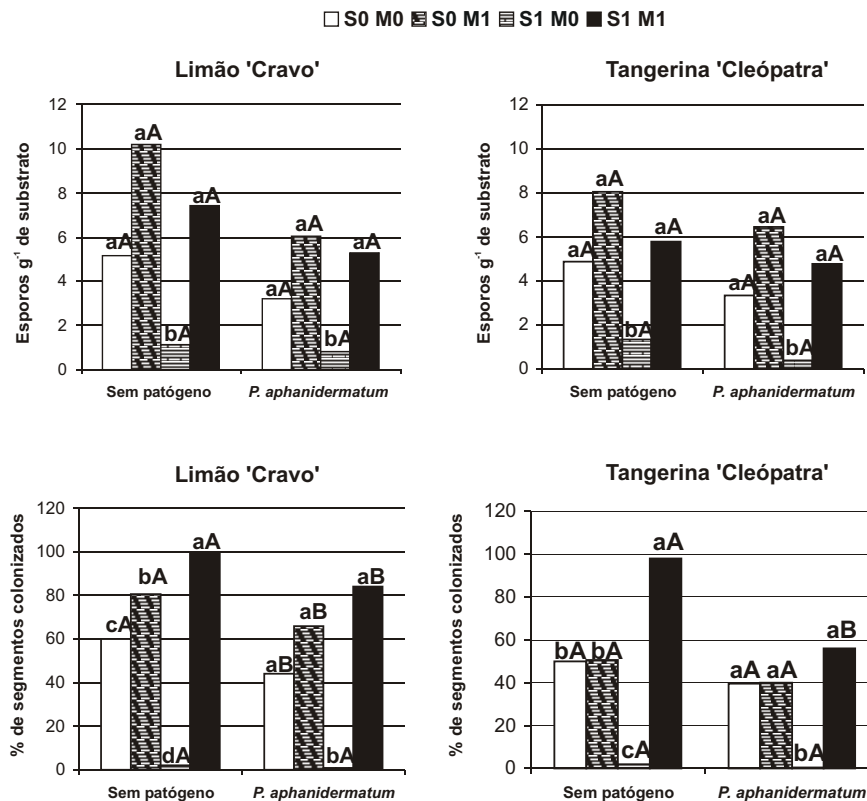


Figura 1. Efeito da inoculação com *Pythium aphanidermatum* sobre a densidade de esporos micorrízicos na rizosfera e taxa de colonização micorrízica dos porta-enxertos limão 'Cravo' e tangerina 'Cleópatra' inoculados ou não com *Gigaspora margarita*, em substrato natural ou autoclavado. Substrato: S0=natural, S1=autoclavado. FMAs: M0=não inoculado, M1= *Gigaspora margarita*. Barras seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparam os tratamentos patogênicos com ou sem inoculação de FMAs e minúsculas comparam os tratamentos micorrízicos na presença ou ausência do patógeno (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas - BA, 1999).

Foi verificada influência da variedade na colonização por FMAs, sendo estes valores maiores no limão 'Cravo'. Smith & Gianinazzi-Pearson (1988) observaram que diferentes espécies e isolados de uma mesma espécie de FMAs podem exibir benefícios diferenciados às plantas hospedeiras em função das condições edafoclimáticas e aspectos da relação fungo-planta.

Observou-se que *P. aphanidermatum* reduziu a colonização micorrízica dos FMAs nativos e do introduzido e, que na presença deste patógeno, não houve efeito significativo de *G. margarita* em relação aos fungos nativos, o que foi observado na sua ausência. Provavelmente, ocorre competição entre os diferentes fungos por espaço e fotossintatos das plantas, reduzindo a colonização. Pereira (1994), estudando a colonização de caféiro por *G. margarita* e *Rhizoctonia*, comentou que os danos causados pelo patógeno no sistema vascular e vasos condutores de seiva, com desestruturação dos tecidos, limitando, conseqüentemente, o crescimento do fungo micorrízico, também pode ocasionar menor colonização.

A redução da colonização micorrízica ocorreu nas duas variedades, mas com diferença significativa apenas no limão 'Cravo'. Desta forma, trabalhando-se com FMAs, se for constatada a presença de *Pythium* no substrato, seria mais adequado trabalhar com a tangerina 'Cleópatra' do que com o limão 'Cravo' que sofre mais danos quando infectado por este patógeno.

Características de crescimento das plantas

Os valores médios de altura, número de folhas, diâmetro do caule e área foliar do limão 'Cravo' e da tangerina 'Cleópatra', em função dos tratamentos fúngicos e das épocas de avaliações, encontram-se na Tabela 1. Verifica-se que, mesmo na ausência do patógeno, os valores de todas as características em substrato autoclavado sem FMAs foram muito baixos.

De maneira geral, independentemente do tratamento dado ao substrato, os valores de todas as características analisadas foram significativamente superiores em plantas micorrizadas. Observa-se que os FMAs nativos promoveram aumentos de 48,57 e 31,95% na altura do limão 'Cravo' e da tangerina 'Cleópatra', respectivamente, sendo que, em relação à área foliar, estes valores foram superiores 608,33% para o limão 'Cravo' e 190,77% para a tangerina 'Cleópatra'. Já a inoculação de *G. margarita* promoveu aumento acima de 140% na altura dos dois porta-enxertos estudados e de 1004,17 e 318,46% na área foliar de limão 'Cravo' e da tangerina 'Cleópatra', respectivamente, comprovando que as plantas cítricas são bastantes micotróficas e que a presença de FMAs no substrato contribui significativamente para o desenvolvimento dessas plantas. Este resultado vem sendo mencionado em diversos trabalhos com associações micorrízicas em citros (Kleinschmidt & Gerdemann, 1972; Cardoso et al. 1986; Camargo, 1989; Weber et al., 1990; Fonseca et al., 1994).

Tabela 1. Influência da inoculação com *Pythium aphanidermatum* e/ou *Gigaspora margarita* sobre o crescimento vegetativo dos porta-enxertos limão 'Cravo' e tangerina 'Cleópatra', em substrato natural ou autoclavado (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas - BA, 1999).

Tratamentos			Altura das plantas (cm)		Número de folhas		Diâmetro do caule (cm)		Área foliar (cm ²)	
Variedades	Gm *	Solo **	<i>Pythium aphanidermatum</i> *							
			NI	I	NI	I	NI	I	NI	I
'Cravo'	NI	A	6,65 aB	6,05 aB	6,00 aB	4,00 bB	0,21 aB	0,18 bB	6,00 aB	4,00 aB
		NA	9,88 aA	7,23 bA	9,50 aA	7,50 bA	0,30 aA	0,23 bA	42,50 aA	39,00 aA
	I	A	17,23 aA	10,90 bA	13,25 aA	10,67 bA	0,36 aA	0,30 bA	66,25 aA	47,00 bA
		NA	12,83 aB	10,08 bB	12,25 aA	9,40 bB	0,33 aB	0,28 bA	53,50 aA	50,67 aA
'Cleópatra'	NI	A	8,45 aB	6,13 bB	8,50 aB	7,00 bB	0,24 aB	0,20 bB	16,25 aB	11,50 aB
		NA	11,15 aA	9,65 bA	14,00 aA	11,75 bA	0,31 aA	0,30 aA	47,25 aA	45,25 aA
	I	A	20,50 aA	12,20 bA	18,75 aA	13,75 bB	0,39 aA	0,29 bA	68,00 aA	50,00 aA
		NA	16,38 aB	11,33 bB	15,50 aB	15,25 aA	0,36 aB	0,30 bA	62,00 aA	48,25 aA
CV (%)			4,76		7,21		5,53		31,93	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

*Gm = *Gigaspora margarita*. NI - Não inoculado; I - Inoculado.

**A - Autoclavado; NA - Natural.

Observou-se que os benefícios promovidos por *G. margarita* foram maiores em substrato autoclavado do que no natural. Como o aumento proporcionado por *G. margarita* em substrato natural foi superior ao obtido com os fungos nativos, infere-se que, também nesta condição, houve bom estabelecimento de *G. margarita*, que apresentou poder competitivo diante dos endófitos nativos. Manjunath et al. (1983) e Oliveira & Jesus (1987) também observaram que a inoculação micorrízica de citros pode ser benéfica, mesmo em alguns solos não esterilizados.

Os maiores valores de altura e diâmetro do caule do limão 'Cravo' (17,23 cm e 3,6 mm, respectivamente) observados no tratamento autoclavado e inoculado com *G. margarita*, na ausência de *Pythium*, foram maiores do que

aqueles verificados por Fontanezzi (1989), trabalhando com este mesmo porta-enxerto na presença de *Glomus clarum* em solo esterilizado e adubado com 1280g de $P_2O_5\ m^{-3}$, 17,20 cm e 3,33 mm, respectivamente, aos 135 dias pós-semeadura. Em relação à tangerina 'Cleópatra', verificou-se que a maior altura e diâmetro do caule, respectivamente, 20,50 cm e 3,90 mm, no tratamento inoculado em substrato autoclavado sem patógeno, também foram superiores aos obtidos por este autor, 11,82 cm de altura e 2,61 mm de diâmetro do caule, nas condições citadas anteriormente, só que com adubação de 640 g de $P_2O_5\ m^{-3}$. Como o substrato deste experimento não recebeu adubação fosfatada e tinha um teor de P em torno de 8 mg dm^{-3} , considera-se que os resultados aqui encontrados foram satisfatórios. Pode-se inferir que a inoculação com *G. margarita* conferiu desenvolvimento à planta, reduzindo a exigência externa de adubação e que o fungo introduzido teve boa adaptação às condições do experimento.

O efeito negativo do patógeno sobre o crescimento vegetativo foi observado nos dois porta-enxertos, constatando-se diferenças significativas em quase todos os parâmetros avaliados. A percentagem de perdas das duas variedades, quando estava presente apenas *Pythium*, em relação à testemunha sem fungo micorrízico arbuscular e sem patógeno, foi de 9,02% na altura do limão 'Cravo', sendo mais expressiva em tangerina 'Cleópatra', 27,46%. Em relação ao número de folhas, observa-se que o limão 'Cravo' sofreu mais a ação do patógeno, apresentando perda de 33,33%, em comparação com 17,65% da tangerina 'Cleópatra'. Houve perda de 14,29 e 16,67 % em relação ao diâmetro e, em torno de 33,33 e 29,23%, na área foliar de limão 'Cravo' e tangerina 'Cleópatra', respectivamente.

Na presença de *Pythium*, a altura média das mudas colonizadas por fungos nativos foi superior às das não micorrizadas, sendo este efeito maior quando se inoculou *G. margarita*. Em substrato autoclavado, também observou-se que plantas inoculadas com *G. margarita* apresentaram maior desenvolvimento. Assim, a micorrização não controlou o patógeno, mas reduziu sua severidade amenizando os efeitos nocivos, visto que, mesmo na presença de *Pythium*, as plantas micorrizadas apresentaram maior desenvolvimento do que as não micorrizadas, porém menor do que na ausência do mesmo.

O aumento médio da altura do limão 'Cravo' e da tangerina 'Cleópatra', na presença de *P. aphanidermatum* e de fungos nativos, em relação àquelas não micorrizadas, mas com presença de patógeno foram, respectivamente, 19,50 e 57,42%. Quando, além de *P. aphanidermatum* inoculou-se *G. margarita*, em substrato natural, houve aumento de 66,61 e 84,83%. Já em substrato autoclavado, a inoculação simultânea de *G. margarita* e *P. aphanidermatum* proporcionou incremento de 80,17 e 99,02%, em relação ao tratamento sem FMAs.

Quanto à área foliar, comparando-se ao tratamento em que apenas *P. aphanidermatum* estava presente, observou-se acréscimo de 875 e 293,48% em limão 'Cravo' e tangerina 'Cleópatra' respectivamente, quando *Pythium* foi inoculado em substrato natural; de 1167 e 319,57% quando ao substrato natural foi inoculado *G. margarita* e de 1075 e 339,57% quando *G. margarita* foi inoculada em substrato autoclavado.

Dessa forma, é possível observar que os porta-enxertos inoculados com *P. aphanidermatum*, apresentaram desenvolvimento reduzido, mas quando os FMAs estavam presentes, a expressão total dos efeitos do patógeno foi menor, ocorrendo tendência de proteção pelas micorrizas que promoveram maior desenvolvimento em todas as características. Considerar estas respostas é muito importante na produção de mudas, visto que, a redução do número de folhas e da área foliar, pode influenciar negativamente a capacidade fotossinteticamente ativa das plantas.

Com exceção do diâmetro do caule em substrato autoclavado e inoculado com *G. margarita* e *Pythium*, e da área foliar em substrato natural também, na presença destes dois fungos, os valores da tangerina 'Cleópatra' foram maiores do que os do limão 'Cravo', mesmo em solo sem FMAs. Provavelmente esse efeito ocorreu porque a tangerina 'Cleópatra' apresenta maior taxa de crescimento, ou por esta variedade ter apresentado maior adaptação às condições do experimento. Entretanto, em termos de benefício da micorrização, nota-se tendência do limão 'Cravo' obter maiores rendimentos percentuais na presença e mais perdas na ausência deste simbionte, assim, aparentemente, os FMAs foram mais eficiente para esse porta-enxerto.

Peso da matéria seca e comprimento radicular

As médias referentes à produção de matéria seca da planta e comprimento de raiz do limão 'Cravo' e da tangerina 'Cleópatra', aos 150 dias pós-semeadura, encontram-se na Tabela 2.

A fumigação do substrato influenciou os resultados. Na ausência de FMAs nativos e do patógeno ocorreu redução em torno de 60 e 44 % no peso da matéria seca da parte aérea de limão 'Cravo' e tangerina 'Cleópatra', respectivamente; 36,67 e 20,34% no peso da matéria seca das raízes e de 33,95 e 22,62% no comprimento radicular.

Maiores danos foram observados quando inoculou-se o patógeno em substrato sem micorriza, sendo em torno de 100 e 165% no peso da matéria seca da parte aérea de limão 'Cravo' e tangerina 'Cleópatra', respectivamente; 160 e 83% no peso da matéria seca das raízes e de 248 e 118% no comprimento radicular. Observou-se que, com a

eliminação dos fungos nativos e ausência de *G. margarita*, são reduzidos os organismos antagônicos ao patógeno presentes no substrato, havendo menor produção de matéria seca e comprimento radicular.

Nos tratamentos sem patógeno e sem FMAs nativos, o fungo *G. margarita* promoveu aumentos de 217,19 e 329 % no peso da matéria seca total de limão 'Cravo' e tangerina 'Cleópatra', respectivamente; 500 e 476,19 % no peso da parte aérea; 150 e 108,51 % no peso seco da raiz e 103,93 e 35,36 % no comprimento das raízes.

Na presença do patógeno, verificou-se aumentos de 173,33 e 112,50%, no peso da matéria seca da planta para o limão 'Cravo' e a tangerina 'Cleópatra', respectivamente, cultivados em substrato natural sem *G. margarita*; de 236,67 e 157,50% quando estavam presentes *P. aphanidermatum* e *G. margarita* em substrato natural e de 303,33 e 297,50% quando se inocularam esses fungos em substrato autoclavado. Quando não se realizou esterilização ou quando *G. margarita* foi introduzido ao substrato, o efeito do patógeno foi reduzido e a muda apresentou melhor desenvolvimento.

Diante desses resultados, pode-se inferir que embora o patógeno tenha afetado negativamente o desenvolvimento das plantas nota-se que os FMAs compensaram os efeitos deletérios do patógeno, resultando em maior desenvolvimento das plantas. Este efeito pode ser devido ao aumento da área de absorção radicular pelo micélio externo do fungo micorrízico.

Baath & Hayman (1983), trabalhando com tomateiros inoculados com *Verticillium albo atrum*, observaram reduzida colonização micorrízica nas raízes e que os danos causados pelo patógeno diminuí a eficiência fotossintética, reduzindo, assim, o transporte de fotoassimilados para as raízes, ocasionando menor crescimento das plantas inoculadas com FMAs.

As reduções na parte aérea de plantas infectadas por *P. aphanidermatum* podem ser consequências das alterações no sistema radicular, que apresentaram menor capacidade exploratória, diminuindo a absorção e a translocação de nutrientes.

Tabela 2. Influência da inoculação com *Pythium aphanidermatum* e/ou *Gigaspora margarita* sobre o peso da matéria seca e comprimento radicular dos porta-enxertos limão 'Cravo' e tangerina 'Cleópatra', em substrato natural ou autoclavado (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas - BA, 1999).

Tratamentos		Peso da matéria seca (g)						Comprimento radicular (cm)		
Variedades	Gm*	Solo**	Total		Parte aérea		Raiz		NI	I
			NI	I	NI	I	NI	I		
<i>Pythium aphanidermatum</i>										
'Cravo'	NI	A	0,64 aB	0,30 bB	0,18 aB	0,15 aA	0,38 aA	0,15 aA	212,28 aA	82,29 aB
		NA	1,05 aA	0,82 aA	0,45 aA	0,30 bA	0,60 aA	0,39 aA	321,41 aA	286,22 aA
	I	A	2,03 aA	1,21 bA	1,08 aA	0,40 bA	0,95 aA	0,74 aA	432,91 aA	352,61 aA
		NA	1,68 aB	1,01 bA	0,82 aB	0,40 bA	0,86 aA	0,56 bA	411,05 aA	323,79 aA
	NI	A	0,79 aB	0,40 bB	0,42 aB	0,17 bB	0,47 aA	0,29 aA	254,24 aA	132,50 aB
		NA	1,34 aA	0,85 bA	0,75 aA	0,45 bA	0,59 aA	0,53 aA	328,56 aA	288,41 aA
'Cleópatra'	I	A	3,39 aA	1,59 bA	2,42 aA	0,85 bA	0,98 aA	0,81 aA	435,90 aA	378,98 aA
		NA	2,03 aB	1,03 bB	1,15 aB	0,47 bB	0,88 aA	0,61 bA	386,00 aA	328,96 aA
CV (%)			18,33		15,97		34,75		31,93	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

*Gm = *Gigaspora margarita*. NI - Não inoculado; I - Inoculado.

**A - Autoclavado; NA - Natural.

Segundo Pereira (1994), o menor crescimento das plantas não micorrizadas pode dificultar a detecção do efeito do patógeno. Entretanto, verifica-se também nesta condição tendência das mudas em apresentarem redução no crescimento da parte aérea e raízes, em presença do patógeno.

Os dois porta-enxertos de citros foram dependentes das micorrizas para crescimento, porém os aumentos percentuais decorrentes da micorrização foram maiores no limão 'Cravo'. Estes dados contradizem os resultados obtidos por Fontanezzi (1989), nos quais a tangerina 'Cleópatra' mostrou-se mais dependente da micorriza do que o limão 'Cravo' e estão de acordo com aqueles encontrados por Nemeček (1978), que observou maior dependência do limão 'Cravo'.

Vários autores já observaram que diferentes porta-enxertos variam na sua dependência micorrízica (Kleinschmidt & Gerdemann, 1972; Menge et al., 1978). Segundo Menge et al. (1978), o efeito das micorrizas sobre diferentes espécies de citros pode variar com as condições de fertilidade do substrato. Para Tinker (1978), outros fatores que determinam a infectividade e efetividade dos fungos micorrízicos podem estar envolvidos.

Observou-se que o patógeno influenciou as variedades. Limão 'Cravo' sofreu perda de 60,53 e 61,24 %, respectivamente, no peso da matéria seca e comprimento de raízes, enquanto que em tangerina 'Cleópatra', estas perdas foram de 38,30 e 47,88%, respectivamente, podendo-se dizer que o sistema radicular do limão 'Cravo' foi mais afetado por *P. aphanidermatum* do que o da tangerina 'Cleópatra', como também observado por Garcia (1988) e Garcia & Carvalho et al. (1988).

Portanto, o substrato empregado na semeadura do limão 'Cravo' e da tangerina 'Cleópatra' deverá conter FMAs ou deve-se proceder à inoculação das mudas com estes fungos, o que poderá resultar em plantas com sistema radicular mais desenvolvido, seja nas formas de radículas ou micorrizas, e, com isso, maior eficiência na absorção de água e nutrientes, maior tolerância ao estresse de transplante e a patógenos, reduzindo o uso de adubos e pesticidas químicos.

CONCLUSÕES

1. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nativos e *Gigaspora margarita* promoveram benefícios acentuados para o desenvolvimento dos porta-enxertos limão 'Cravo' e tangerina 'Cleópatra'.
2. A presença do fungo fitopatogênico *Pythium aphanidermatum*, mesmo em condições de pós-emergência, reduziu o desenvolvimento das mudas cítricas. Limão 'Cravo' foi o porta-enxerto mais suscetível ao patógeno.
3. A micorrização não impediu, mas reduziu a ação de *P. aphanidermatum*, compensando parcialmente os efeitos deletérios deste fungo.
4. A tangerina 'Cleópatra' apresentou maior resposta em quase todas as características analisadas, na presença ou ausência do patógeno e do simbionte, demonstrando ser adequada para diversificação de porta-enxerto como alternativa ao limão 'Cravo'.

REFERÊNCIAS

- ST-ARNAUD M.; HAMEL C.; CARON M.; FORTIN J.A. Inhibition of *Pythium ultimum* in roots and growth substrate of mycorrhiza *Tagetes patula* colonized with *Glomus intraradices*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ottawa, v.16, n.3, p.187-194, 1994.
- BAATH, E.; HAYMAN, D. S. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza XVI. Interactions with *Verticillium wilt* on tomato plants. **New Phytologist**, Oxford, v. 95, p. 419-426, 1983.
- BRUNDRETT, M.; JUNIPER, S. Non-destructive assessment of spore germination of VAM fungi and production of pot cultures from single spores. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.27, n.1, p.85-91, 1995.
- CALVET, C.; PERA, J.; BAREA, J. M. Growth response of marigold (*Tagetes erecta* L.) to inoculation with *Glomus mosseae*, *Trichoderma aureoviride* and *Pythium ultimum* in a peat-perlite mixture. **Plant and Soil**, v. 148, n. 1, p. 1-6, 1993.

- CAMARGO, I. P. **Efeitos de doses, fontes de fósforo e de fungos micorrízicos sobre o limoeiro 'Cravo' até a repicagem.** 1989, 104f. Dissertação (Mestrado). ESAL, Lavras.
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANTUNES, V.; SILVEIRA, A. P. D. da; OLIVEIRA, M. H. A. Eficiência de fungos micorrízicos vesículoarbusculares em porta-enxertos de citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n.1, p.25-30, 1986.
- DAVIS, R. M.; MENGE, J. A. Influence of *Glomus fasciculatus* and soil phosphorus on *Phytophthora* root rot of citrus. **Phytopathology**, St. Paul, v.70, n.5, p.447-452, 1980.
- EYER, R.; SUNDARAJU, P. Interactions of VA. mycorrhiza with *Meloidogyne incognita* and *Pythium aphanidermatum* affecting ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). **Journal of Plantation-Crops**, India, v.21, n.1, p.30-34, 1993.
- FONSECA, E. B. A.; OLIVEIRA, E. de; SOUZA, M. de; CARVALHO, J. G. de. Efeitos do fósforo e um fungo MVA na nutrição de dois porta-enxertos de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.12, p.1889-1896, 1994.
- FONTANEZZI, G. B. S. **Efeitos de micorriza vesicular arbuscular e de superfosfato simples no crescimento e nutrição de porta enxertos de citros.** 1989, 105f. Dissertação (Mestrado) ESAL, Lavras.
- FONTES, E. M. G. Controle biológico: um desafio para o País. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v.27, p.1-4, 1992. (Edição especial).
- GARCIA, J.; CARVALHO, I. Comportamento de três cultivares porta-enxerto de citros em relação a *Rhizoctonia solani* e *Pythium* spp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 10, n. 3, p. 21-24, 1988.
- GARCIA, J.; CARVALHO, J. de. Colonização de radículas de cultivares cítricos porta-enxerto por *Rhizoctonia solani* e *Pythium* spp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 10, n. 3, p. 17-19, 1988.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, London, v.46, n.2, p.235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Oxford, v.84, p.489-500, 1980.
- GUILLEMIN, J. P.; GIANINAZZI, S.; GIANINAZZI-PEARSON, V.; MARSHAL, J. Contribution of arbuscular mycorrhizas to biological protection of micropropagated pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr) against *Phytophthora cinnamomi* Rands. **Agricultural Science in Finland**, v.3, p.241-251, 1994.
- HEDGE, S. V.; RAI, P. V. Influence of *Glomus fasciculatum* on damping-off of tomato. **Current science**, Middletown, v.53, p.588-589, 1984.
- HOFFMANN, A.; CHALFUN, N. N. J.; ANTUNES, L. E. C.; RAMOS, J. D.; PASQUAL, M.; SILVA, C. R. R. **Propagação de plantas frutíferas.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1996, 318p.
- KLEINSCHMIDT, G. D.; GERDEMANN, J. W. Stunting of citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizae. **Phytopathology**, St. Paul, v. 62, n.12, p.1447-1453, 1972.
- MANJUNATH, A. O.; MOHAN, R.; BAGYARAJ, D. J. Response of citrus to vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation in unsterile soils. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 61, n. 10, p. 2729-2732, 1983.
- MENGE, J. A.; JOHNSON, E. L. V.; PLATT, R. G. Mycorrhizal dependency of several citrus cultivars under three nutrient

regimes. **New Phytologist**, Oxford, v.81, n.4, p.553-559, 1978.

NEMEC, S. Response of six citrus rootstocks to three species of *Glomus*, a mycorrhizal fungus. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Delan, v.91, p.10-14, 1978.

NEWMAN, E. I. A method of estimating the total length of root in a sample. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 3, n. 2, p.139-145, 1966.

OLIVEIRA, A. A. R.; JESUS, I. S. Efeito da infecção por fungos micorrízicos vesicular-arbusculares sobre o desenvolvimento de porta-enxertos de citros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9, 1987, Campinas. **Anais....** Campinas: SBF, 1987, v. 1, p.319-325.

PACIONI, G. Wet-sieving and decanting technique for the extraction of spores of vesicular-arbuscular fungi. In: NORRIS, J. R.; READ, D. J.; VARMA, A. K. (Eds.) **Methods in microbiology**. London: Academic Press, 1992, p.317-322.

PEREIRA, L. A. A. **Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) na presença de *Gigaspora margarita* Becker & Hall e *Rhizoctonia solani*, Kuhn. L.** 1994, 61f. Dissertação (Mestrado) UFLA, Lavras.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 55, n. 1, p.158-161, 1970.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.

ROSSETTI, V. Doenças de citros. RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A.A.(Eds.). **Citricultura brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, v. 2, p. 668-714, 1991.

SILVEIRA, A. P. D. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. (Eds.). **Microbiologia do solo**, Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992, p. 257-282.

SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. In: ARAÚJO, O. R. S.; HUNGRIA, M. **Microorganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA/CNPAP, 1994, p.151-194. (Documento, 44).

SMITH, S. E.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. **Annual Review of Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo alto, v. 39, p. 221-244, 1988.

TINKER, P. B. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizas on plant nutrition and plant growth. **Physiologie vegetale**, Paris, v.16, n.4, p.743-751, 1978.

WEBER, O. B.; OLIVEIRA, A. A. R.; MAGALHÃES, A. F. de J. Adubação orgânica e inoculação com *Glomus etunicatum* em porta-enxertos de citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 321-326, 1990.

ZAMBOLIM, L. Potencial dos fungos micorrízicos vesículo-arbuscular no controle de fitopatógenos e implicação com a nutrição fosfatada. In: BETTIOL, W. (Ed.) **Controle biológico de doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa/CNPDA, 1991, p. 87-120. (Documento, 15).

ZAMBOLIM, L.; SIQUEIRA, J. O. **Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985, 36 p. (Documentos, 26).

CAPÍTULO 12

IMPACTO DE HERBICIDAS EM PROCESSOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES EM LATOSSOLO AMARELO COESO DO RECÔNCAVO BAIANO

**Maria de Fátima da Silva Pinto Peixoto,
Luciano Soares de Vasconcelos Sampaio, Clóvis Pereira Peixoto
& Heraldo Soares de Vasconcelos Sampaio**

IMPACTO DE HERBICIDAS EM PROCESSOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES EM LATOSSOLO AMARELO COESO DO RECÔNCAVO BAIANO

Maria de Fátima da Silva Pinto Peixoto¹; Luciano Soares de Vasconcelos Sampaio¹; Clóvis Pereira Peixoto¹; Heraldo Soares de Vasconcelos Sampaio¹

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: fpeixoto@ufrb.edu.br

INTRODUÇÃO

A rápida degradação do solo sob exploração agrícola no mundo, especialmente nos países tropicais em desenvolvimento, despertou nas últimas décadas a preocupação com a qualidade do solo e a sustentabilidade da exploração agrícola.

A avaliação da qualidade do solo é feita através de indicadores que podem ser atributos físicos, químicos e biológicos, processos que ocorrem no solo como as associações entre bactérias do gênero *Rhizobium* e plantas leguminosas, bem como, parâmetros relacionados com a produção de sementes, que também é reflexo do manejo. Os diferentes tratamentos culturais afetam a produtividade e a qualidade de sementes (que pode ser avaliada através do índice de velocidade de emergência, porcentagem de emergência, massa dos frutos, peso volumétrico, peso de 1000 sementes etc.). A intensidade da fixação biológica do nitrogênio, por exemplo, influencia a produtividade e a qualidade fisiológica de sementes (Osman et al., 1983).

Atualmente, o grande desafio da ciência do solo é demonstrar a relação entre os níveis de atividade biológica do solo e o funcionamento sustentável do ecossistema. Nesse sentido, uma maioria de pesquisadores considera que algumas medidas práticas para avaliar o "status biológico" do solo sejam o monitoramento da população e atividade microbiana do solo. Esses parâmetros fazem parte dos estudos de ciclagem de nutrientes, tendo como enfoque a sua contribuição na decomposição e mineralização da matéria orgânica e, conseqüentemente, na fertilidade do solo. Além disso, esses dados, quando associados aos valores de pH, teores de C orgânico, N total, umidade e argila do solo, permitem uma avaliação sistemática do manejo adotado e a obtenção de índices de aferição da sustentabilidade. Da mesma forma, a avaliação da fixação biológica do nitrogênio através do número e massa seca de nódulos, bem como a comparação entre a eficiência do rizóbio introduzido em relação aqueles nativos, são aspectos importantes quando se considera esta questão.

A produção agrícola tem na ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas um dos principais fatores limitantes ao seu desempenho. Ao longo das últimas décadas, a utilização de agrotóxicos no Brasil tem sido a base técnica através da qual o setor agrícola normalmente vem enfrentando a questão. O consumo de agrotóxicos no país tais como, herbicidas, fungicidas, inseticidas, entre outros, tem sido crescente, alcançando hoje vendas anuais que superam US\$ 2,5 bilhões (Assis, 2004). No Brasil, o consumo de herbicidas foi cerca de 174 mil toneladas de produtos formulados (comerciais) em 2000, representando mais de 81 mil toneladas quando expresso em ingrediente ativo (i. a.). O consumo desses produtos difere nas várias regiões do país, onde se misturam atividades agrícolas intensivas e tradicionais. Nas regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste representam, respectivamente, 38,9%, 29,9% e 22,2% do total consumido com pesticidas. Na região Nordeste este valor é de 6,3%. Quanto ao consumo de herbicidas por unidade de área cultivada, a média geral no Brasil foi de 3,8 kg p.c./ha, em 2000 e em termos de ingredientes ativos no mesmo ano, 81,8 mil toneladas. Verifica-se desta forma, que o Brasil utiliza grandes quantidades de herbicidas na agricultura, destacando-se a soja (39,8%), milho (23,5%), cana-de-açúcar (12,9%) e arroz irrigado (3,7%) (Spadotto, 2002). Essa intensificação no uso de herbicidas entre os agricultores deve-se entre outros fatores, ao aumento da área cultivada com culturas de grande expressão econômica e à ação rápida, eficiência e efeitos prolongados dos herbicidas. Esses produtos são aplicados basicamente de duas maneiras: diretamente sobre o solo em pré-emergência ou em pós-emergência das plantas daninhas.

É na soja que se concentra a maior parte dos gastos dos agricultores brasileiros com agrotóxicos: nada menos que 35% do total. O segundo produto de maior consumo de agrotóxicos, a cana-de-açúcar, não é tipicamente sulista, mas a concentração de seus 330 mil ha cultivados nas usinas do Norte do Paraná (apenas 6,7% do total nacional) está na raiz de vários problemas de contaminação de águas constatados até hoje. O milho, terceiro produto na lista dos que mais consomem agrotóxicos, tem cerca de um terço de sua área total no Sul do País.

Outro produto que aparece com destaque na lista de uso de agrotóxicos, o arroz irrigado, vem basicamente do Rio Grande do Sul. Dos 160 mil hectares cultivados com batatinha no Brasil, produto também com alto uso de agrotóxicos, a região Sul entrou com quase a metade.

Em função desse uso intensivo de produtos químicos na agricultura moderna e a formação de grandes quantidades de resíduos, tem havido, nos últimos anos, uma maior preocupação em se conhecer o comportamento e destino dos pesticidas nos diversos ecossistemas, bem como o seu efeito em processos microbiológicos do solo e na qualidade fisiológica de sementes.

O RECÔNCAVO BAIANO

O Recôncavo Baiano possui uma área de 17340 km² e uma população de 500 mil habitantes. A pluviosidade varia de 1000 a 2000 mm e temperatura média anual em torno de 24 °C. A maior parte dos solos da região é do grupo Latossolo e Podzólico, de baixa fertilidade. Esta região está inserida na zona dos Tabuleiros Costeiros que são formações terciárias que se distribuem por quase toda a faixa costeira do Brasil, desde o Estado do Amapá até o Rio de Janeiro, estendendo-se até o vale do rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo (Rezende, 2004). O Latossolo Amarelo coeso é um solo representativo desta região, ocupando uma área de 98.503 km² apenas na região Nordeste. O termo coeso, com significado de tenaz, tem sido usado para destacar a capacidade natural (adensamento) de horizontes subsuperficiais associada a diferentes graus de coesão, apresentando-se duros, muito duros ou até extremamente duros quando secos e friáveis quando úmidos. Nos Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos sob floresta primária, esses horizontes situam-se a profundidade variáveis, normalmente coincidindo com os horizontes AB e ou BA. Em solos cultivados, entretanto, aparecem geralmente, após os primeiros 10 a 20 centímetros, em decorrência da erosão. Caracteriza-se por apresentar uma agricultura bastante diversificada, predominando os plantios de cana-de-açúcar, fumo, citros e os cultivos de subsistência como mandioca, inhame, batata doce, milho, feijão, amendoim etc., os quais têm importância destacada no equilíbrio social da região (Rezende et al., 2002).

O amendoim é uma planta dicotiledônea, da família Leguminosae, sendo que a espécie *Arachis hypogaea* L. sofre a concorrência competitiva das ervas daninhas que prejudicam a sua produção (Sader et al., 1979). O plantio é normalmente realizado com enxadas em covas espaçadas irregularmente (30 cm) e coincide com o período mais chuvoso do ano (março, abril, maio e junho). O controle de ervas daninhas é também feito com a enxada, em uma ou duas capinas. A mudança de tecnologia prevendo a utilização de herbicidas, inoculação com bactérias do gênero *Rhizobium*, plantio mecânico em linhas, adensamento de plantas dentro das linhas, irrigação e épocas de plantio em diferentes estações do ano, implica na necessidade de se determinar o efeito das mesmas no sistema produtivo. O uso de controle químico para as ervas daninhas na cultura do amendoim iniciou-se a partir de 1950 com herbicidas seletivos tais como o dinoseb. Na década de 60 com o desenvolvimento dos herbicidas dinitroanilinas surgiu a trifluralina. Mais recentemente, os herbicidas do grupo das cloroacetanilidas, tais como o alachlor, tem sido acrescentados ao arsenal dos herbicidas disponíveis para o uso em cultivo de amendoim (Bridges et al., 1984). No caso do alachlor, indicado para a cultura do amendoim, deve-se aplicar em pré-emergência das ervas, no prazo máximo de 3 dias após a última gradagem. A terra deve estar bem preparada e livre de torrões e restos de cultura, aplicando-se logo depois da semeadura com o terreno em boas condições de umidade e em cobertura total, sendo absorvido pelo coleótilo das gramíneas e epicótilo das dicotiledôneas (Rodrigues & Almeida, 1998).

Herbicida e atributos microbiológicos do solo

Embora os pesticidas sejam de grande benefício para o homem, ajudando no aumento da produção de alimentos e controlando as pragas das plantas e animais, devem ser cuidadosamente usados e monitorados, porque podem ser perigosos tanto para a vida humana e animal, como também para o ambiente.

A ação dos microrganismos do solo sobre os herbicidas constitui-se num mecanismo de maior importância quando se depara com a questão ambiental; no entanto, há de se considerar que existe uma variação com relação à resistência à decomposição dos herbicidas em função de fatores do solo, da estrutura química do composto, da característica fisiológica do microrganismo (tipo de enzima) e da dose e época de aplicação. Vários trabalhos têm demonstrado que aplicações de herbicidas em doses recomendadas não alteram de forma considerável o número total de microrganismos do solo, podendo alguns desses serem afetados, temporariamente, mas sua multiplicação e recuperação é rápida e os relatos onde indicam toxidez ocorrem quando as dosagens empregadas são consideravelmente superiores às recomendadas (ABEAS, 1983)

De maneira geral, pouco se sabe sobre o que ocorre com os herbicidas no solo após sua aplicação. Diversos trabalhos têm relatado sua degradação e persistência (Monteiro, 1997; Vanderheyden et al., 1997; Stolp & Shea, 1995;

Yassir et al., 1998); potencial para formação de resíduos (Queiroz, 1997; Wais et al., 1995; Barriuso & Koskinen, 1996) e biodisponibilidade para as plantas (Khan & Behki, 1990; Kloskowsky et al., 1986 e Lichtenstein, 1980).

Outro parâmetro que deve ser monitorado é a população dos principais grupos de microrganismos do solo que participam da biodegradação dessas moléculas no ambiente (bactérias, fungos e actinomicetos) e que também atuam na ciclagem de nutrientes no ecossistema.

Fatores do solo que aumentam a atividade microbiana incluem: umidade em torno de 70-100% da capacidade de campo, boa aeração, temperatura entre 25-35°C, pH em torno de 6,5 e substrato energético (Lewis et al., 1977).

O desprendimento de CO₂ e absorção de O₂ no solo flutuam grandemente num determinado período de tempo; desta forma, um herbicida deverá exercer um efeito muito pronunciado na microflora. Porém, é mais provável que esse efeito ocorra em doses elevadas. No entanto, diversos cientistas obtiveram resultados do efeito dos herbicidas no desprendimento de CO₂ e absorção de O₂ em doses normais de aplicação (Grossbard, 1976). Segundo Grossbard & Davis (1976), algumas moléculas de herbicidas, mesmo em baixas concentrações, podem inibir a atividade microbiana, porém menos freqüentemente que em altas.

Segundo alguns estudos, sabe-se que, a partir do momento em que um pesticida atinge o solo, ele pode vir a favorecer determinadas populações microbianas e inibir outras. Se a população adaptar-se metabolicamente para degradar a molécula do pesticida ou parte dela, poderá utilizá-la como fonte de energia e nutrientes. Existe, entretanto, uma fase de adaptação desta população. Mas, em caso de solos tratados com prévias aplicações de pesticidas, esta fase não tem sido observada.

Em trabalho realizado no Campo Experimental da então Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, no município de Cruz das Almas, no período de setembro de 2001 a janeiro de 2002, avaliou-se o efeito do herbicida alachlor na população de bactérias e fungos do solo (Tabela 1) e atividade microbiana do solo (Figuras 1 e 2), utilizando-se sementes inoculadas e não inoculadas de dois genótipos de amendoim (Vagem Lisa e Tatuí).

Tabela 1. População de bactérias e fungos (no. g solo⁻¹) x 10⁴, nos diferentes tratamentos.

TRATAMENTOS	GENÓTIPOS			
	Vagem Lisa		Tatuí	
	Bactéria	Bactéria	Fungo	Fungo
Capina inoculado	6,0 bB	7,0 bA	3,0 cA	2,0 dB
Capina s/ inoculação	5,0 cA	4,0 cB	2,5 dA	1,5 cB
Herbicida inoculado	9,0 aA	8,0 aB	4,0 bA	3,0 bB
Herbicida s/ inoculação	2,0 dA	1,0 dB	5,0 aB	4,0 aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, dentro de cada genótipo, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

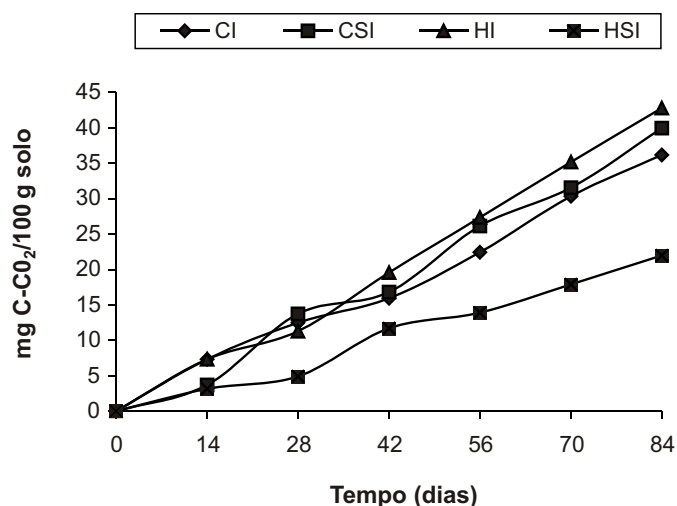


Figura 1. Atividade microbiana do solo (mg C-CO₂/100 g solo) nos tratamentos: capina inoculado (CI), capina sem inoculação (CSI), herbicida inoculado (HI) e herbicida sem inoculação (HSI) para o genótipo Vagem Lisa.

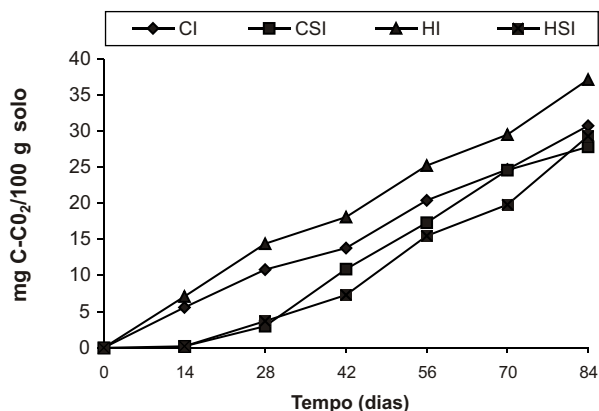
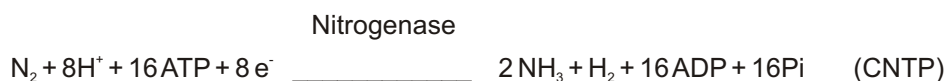


Figura 2. Atividade microbiana do solo (mg C-CO₂/100 g solo) nos tratamentos: capina inoculado (CI), capina sem inoculação (CSI), herbicida inoculado (HI) e herbicida sem inoculação (HSI) para o genótipo Tatuí.

Houve uma maior atividade microbiana do solo em todo período, quando se utilizou a combinação herbicida e inoculação nos genótipos Vagem Lisa e Tatuí. Existe uma relação direta entre o aumento da população de bactérias no tratamento herbicida com inoculação (para os dois genótipos) e a atividade microbiana do solo, que reflete a maior capacidade do rizóbio introduzido em degradar a molécula de alachlor.

Herbicida e fixação biológica do nitrogênio

A maior parte do nitrogênio do planeta terra (93,8%) está na crosta terrestre. Os 6,2% restantes estão na ecossfera. Nesta, 99,96% do nitrogênio está na forma de N₂ na atmosfera e os restantes 0,04%, nas formas combinadas orgânicas ou inorgânicas existentes nos ecossistemas aquáticos e terrestres (Roswall, 1979). Apenas uma parcela relativamente pequena das espécies de procaríotos possuem a enzima nitrogenase que é capaz de reduzir o N₂ para a forma inorgânica combinada NH₃, que pode então se tornar disponível para as plantas e outros organismos. Esses organismos são chamados de fixadores de N₂ ou diazotróficos e o processo que mediam - Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN) é representado pela seguinte equação:



Algumas espécies de diazotróficos podem, além de colonizar abundantemente a rizosfera, ocorrer endofiticamente, ou seja, invadir o córtex e colonizar tecidos internos em diversas espécies vegetais. Dentre as simbioses de fixadores de N₂ com plantas, as simbioses de rizóbio com leguminosas certamente se destacam por sua importância econômica, que está relacionada não só à ampla distribuição geográfica e utilização dos hospedeiros, como também à maior eficiência do processo decorrente de uma parceria vegetal e microbiana mais evoluída. Estima-se que a família Leguminosae possua entre 16.500 a 19.700 espécies e entre 640 a 680 gêneros. Subdivide-se em três subfamílias: Caesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae, que diferem bastante com relação ao hábito de crescimento de suas espécies, assim como a capacidade de formar simbiose com rizóbio, entre outros (Moreira & Siqueira, 2002).

Diversos fatores físicos, químicos e biológicos afetam o processo de fixação biológica. Ressalta-se que tanto os fatores bióticos quanto abióticos podem atuar sobre a bactéria e/ou sobre o hospedeiro afetando a simbiose. Dentre esses fatores destaca-se os herbicidas. Inúmeros trabalhos nacionais e internacionais demonstram que não é possível fazer generalizações. As respostas variam em função do tipo de solo, das propriedades físico-químicas do herbicida e da própria sensibilidade da estirpe de rizóbio utilizada. O efeito pode ser prejudicial, não exercer nenhum efeito ou até mesmo ter efeito benéfico sobre o rizóbio e suas simbioses; neste último caso porém, raramente (Moreira & Siqueira, 2002). O número e massa seca de nódulos são parâmetros indiretos que podem avaliar esses efeitos no processo de fixação biológica do nitrogênio.

No caso de plantas leguminosas, o estudo da influência de herbicidas no processo de fixação biológica do nitrogênio é de extrema importância, pois este processo representa economia nos custos de produção. O uso do controle químico pode causar problemas na nodulação conforme salientam Krust & Struckmeyer (1971) e Olambre (1969), que empregaram doses elevadas de trifluralina e chloramben na cultura da soja. Já Rezende et al. (1985), em estudo realizado para avaliar a influência da aplicação de herbicidas fluorodifen (0,9 kg ha⁻¹), pendimethalin (0,75 kg ha⁻¹), fluordifen + pendimethalin (0,45 + 0,37 kg ha⁻¹), chloramben (1,91 kg ha⁻¹), trifluralin (0,97 kg ha⁻¹), chloramben + alachlor (0,95 + 0,66 kg ha⁻¹) no rendimento de grãos, nodulação e qualidade fisiológica de sementes de soja concluíram que a nodulação não foi influenciada pelos herbicidas testados.

Na região do Recôncavo Baiano, mais especificamente no município de Cruz das Almas-BA, já existem pesquisas desenvolvidas quanto ao efeito de herbicidas sobre o processo de fixação biológica do nitrogênio em plantas de amendoim, tanto em casa de vegetação quanto em campo. Peixoto et al. (2002a) avaliaram o efeito de diferentes herbicidas (alachlor, pendimethalin e trifluralina) nas doses indicadas pelo fabricante para a cultura do amendoim, em condições de casa de vegetação. Utilizaram como substrato o solo Latossolo Amarelo coeso do município de Cruz das Almas-BA, representativo dos Tabuleiros Costeiros da região do Recôncavo. Concluíram que de maneira geral esses herbicidas estimulam a nodulação inicial das plantas de amendoim (Figura 3).

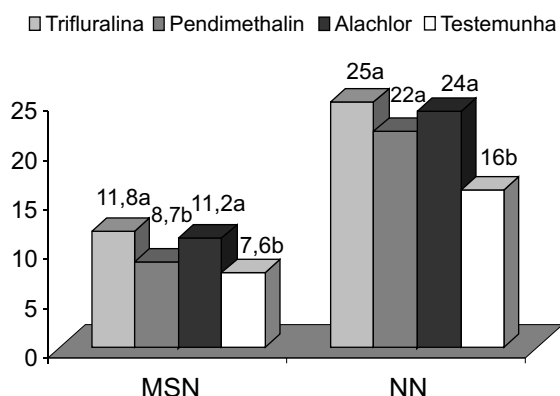


Figura 3. Massa seca dos nódulos (MSN - g planta⁻¹) e número de nódulos (NN - n° planta⁻¹) de plantas de amendoim aos trinta dias após a emergência, submetidas a diferentes tratamentos com herbicidas (FONTE: Peixoto et al., 2002a).

Esses mesmos autores, em experimento conduzido na Fazenda Capivari no Município de Muritiba - Bahia, com o mesmo tipo de solo e quatro genótipos de amendoim, concluíram que o herbicida alachlor não afetou o número de nódulos aos 42 e 56 dias após o plantio (Tabela 2).

Tabela 2. Número de nódulos (g planta⁻¹), aos 42 e 56 dias após o plantio nos tratamentos capina e herbicida.

Genótipos	42 dias		56 dias	
	Capina	Herbicida	Capina	Herbicida
BR1	242,00 aA	273,75 aA	230,50 aA	151,50 aA
BR151 L7	246,50 aA	130,50 aA	199,75 aA	209,50 aA
Vagem Lisa	182,00 aA	257,75 aA	272,25 aA	194,75 aA
Película Havana	265,75 aA	182,00 aA	323,00 aA	182,00 bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na horizontal e maiúscula na vertical, dentro de cada período, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Herbicida e qualidade fisiológica das sementes

A determinação da qualidade fisiológica de sementes através de testes de germinação e principalmente de vigor é de fundamental importância na agricultura moderna, principalmente quando causas adversas possam comprometer a germinação de sementes e posterior desenvolvimento das plantas.

O processo de deterioração implica em uma série de mudanças fisio-bioquímicas que podem levar a uma ação mais efetiva de agentes externos, como, especificamente, os herbicidas. À medida que as sementes perdem qualidade fisiológica, observa-se a degeneração das membranas lipo-proteicas, com perda significativa da permeabilidade; como também, uma redução sensível das atividades respiratórias e biossintéticas, tornando a germinação mais lenta e a semente mais vulnerável às variações do meio (térmicas, hídricas, químicas, microbianas etc.). Assim sendo, o uso de sementes vigorosas é de fundamental importância, no sentido de minimizar os efeitos de agentes externos na velocidade e porcentagem de emergência, normalidade das plântulas, crescimento das plantas e produtividade final (Copeland & McDonald, 1995).

Os fatores ambientais que permanentemente influenciam a germinação são a água, oxigênio, temperatura, luz, estrutura do solo e microorganismos. Entretanto, a germinação de sementes pode ser afetada por produtos químicos inorgânicos e orgânicos (Bewley & Black, 1985).

Peixoto et al. (2002a) avaliaram o efeito dos herbicidas alachlor, pendimethalin e trifluralina na nodulação e crescimento inicial de plantas de amendoim, em condições de casa de vegetação, utilizando-se como substrato o Latossolo Amarelo coeso, representativo do Recôncavo Baiano. Constatou-se que os herbicidas testados, reduzem a porcentagem de emergência, altura das plantas e massa seca da parte aérea (Figuras 4, 5 e 6, respectivamente).

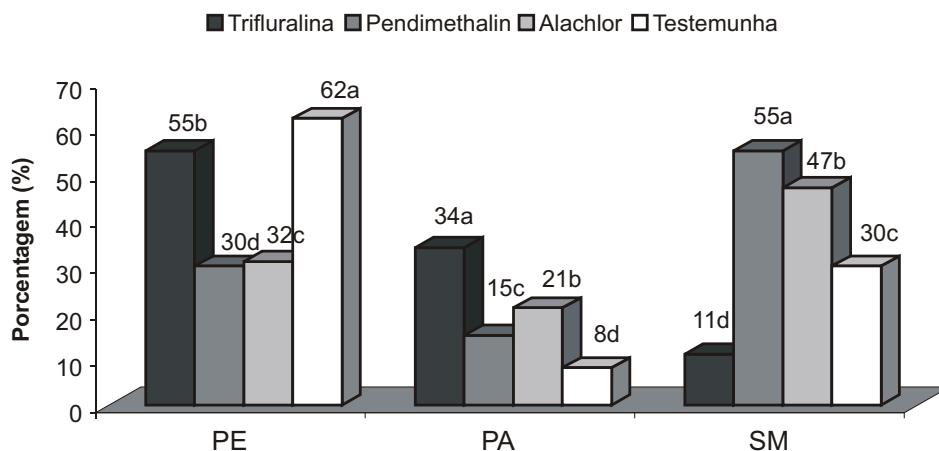


Figura 4. Porcentagem de emergência (PE), de plântulas anormais (PA) e de sementes mortas (SM) de amendoim em diferentes tratamentos com herbicidas (FONTE: Peixoto et al., 2002a).

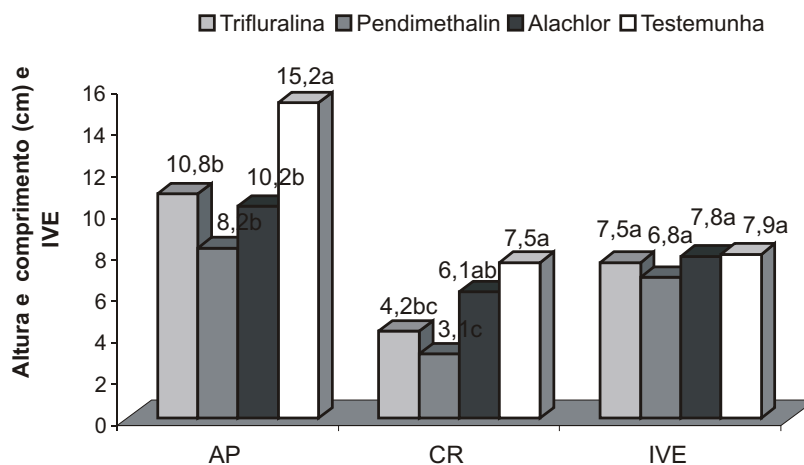


Figura 5. Altura da planta (AP), comprimento da raiz (CR) e índice de velocidade de emergência (IVE) de amendoim aos trinta dias após a emergência, submetidas a diversos tratamentos com herbicidas (FONTE: Peixoto et al., 2002a).

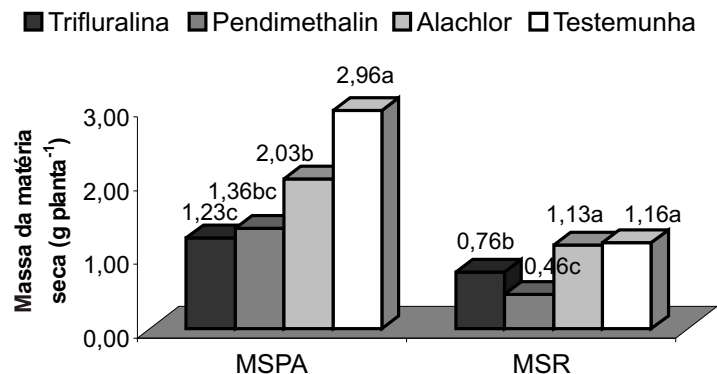


Figura 6. Massa da matéria seca acumulada na parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) de plantas de amendoim aos trinta dias após a emergência, submetidas a vários tratamentos com herbicidas (FONTE: Peixoto et al., 2002a).

Segundo esses autores, o comportamento da molécula depende, principalmente, das suas propriedades físico-químicas e também do ambiente. Desta forma, sendo o solo utilizado de textura média e baixa CTC, provavelmente, para as condições estudadas, os efeitos na porcentagem de emergência foram resultado da baixa adsorção das moléculas pelo solo em questão, permitindo maior concentração na solução do solo e favorecendo assim a absorção.

Os efeitos dos herbicidas sobre a qualidade fisiológica de sementes variam, dentre outros fatores, com as propriedades físico-químicas das moléculas e o tipo de solo em questão, não permitindo portanto generalizações. Um exemplo desta afirmação pode ser constatado em outro trabalho realizado por Peixoto et al. (2002b), também utilizando como substrato o Latossolo Amarelo coeso, representativo do Recôncavo Baiano. Avaliou-se o efeito de diferentes doses de trifluralina (zero; 1,5; 2,0 e 4,0 L ha⁻¹) na qualidade fisiológica de plantas de soja em condições de casa de vegetação. Verificou-se que o aumento da dose promoveu decréscimo no índice de velocidade de emergência (Figura 7). No entanto, só afetou a porcentagem de emergência quando se utilizou as doses de 2,0 e 4,0 L ha⁻¹ (Figura 8).

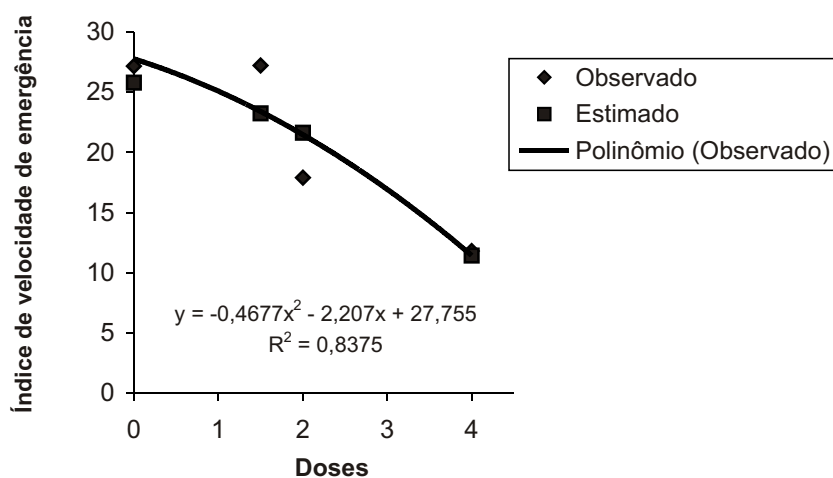


Figura 7. Índice de velocidade de emergência de sementes de soja submetidas a diferentes doses de trifluralina (FONTE: Peixoto et al., 2002b)

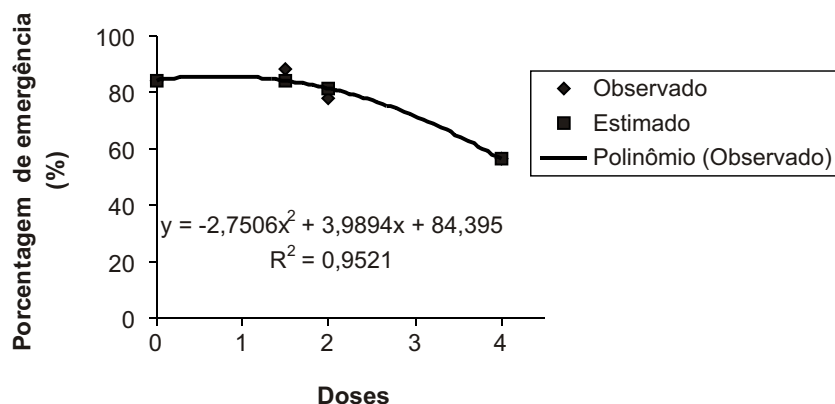


Figura 8. Porcentagem de emergência de sementes de soja, submetidas a diferentes doses de trifluralina. (FONTE: Peixoto et al., 2002b)

REFERÊNCIAS

ABEAS (Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior). Comportamento dos Herbicidas no Solo. In: Defensivos Agrícola Módulo 2-Herbicidas, p. 140-162. 1983.

ASSIS, J. C. Defensivos alternativos: ferramenta para uma agricultura ecológica não poluente, produtora de alimentos saudáveis. 2004. Disponível em: <<http://www.crea-rj.org.br/crea/divulgacao/publicacoes/cartilhas/da/>>. Acesso em: 23 ago. 2004.

BARRIUSO, E.; KOSKINEN, W. C. Incorporating nonextractable atrazine residues into soil size fractions as a function of time. **Soil Science Society of America Journal**, v.60, p. 150-157, 1996.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of Development and Germination**. New York: Plenum Press, 1995. 445p.

BRIDGES, C. D.; McGUIRE, J. A.; MARTIN, N.R. Efficiency of chemical and mechanical methods for controlling weeds in peanuts (*Arachis hipogaea*), **Weed Science**, v.32, p.584-591, 1984.

COPELAND, L. O.; McDONALD, M. B. **Seed Science and Thecnology**. New York: Chapman & Hall, 1995. 409p.

GROSSBARD, E. Effect on the soil microflora. In: AUDUS, L. J. ed. Herbicides physiology, biochemistry, ecology, London: Academic Press, 1976. 2v. p.99-147.

GROSSBARD, E.; DAVIS, H.A. Specific microbial responses to herbicides on the soil microflora. **Weed Research**, v.16, p-163-9, 1976.

KHAN, S. U.; BEHKI, R. M. Effects of *Pseudomonas* species on the release of bound ¹⁴C residues from soil treated with [¹⁴]atrazine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.38, p.2090-2093, 1990.

KLOSKOWSKI, R.; FÜHR, F.; MITTELSTAEDT, W. Plant availability of bound anilazine residues in a degraded loess soil. **Journal of Environmental Science and Health** v. B21, n.6, p. 487-505, 1986.

KRUST, C. A.; STRUCKMEYER, B. E. Effects of trifluralin on growth nodulation and anatomy of soybeans. **Weed Science**, v. 19, n. 2, p.147-152, 1971.

- LEWIS, J. A.; PAPAIVIZAS, G.C.; HORA, T. S. Effect of some herbicides on microbial activity in soil. **Soil Biol. Biochemistry**, v. 10, p 137-141, 1977.
- LICHTENSTEIN, E.P. Bound residues in soils and transfer of soil residues in crops. **Residue Reviews**, v.76, p.147-153, 1980.
- MONTEIRO, R.T. **Degradação de pesticidas**. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. (Ed.) Microbiologia ambiental. Jaguariúna: EMBRAPA,CNPDIA, 1997. Cap. 4, p. 107-124.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626p.
- OLAMBRE, J.W.K. Organic matter-amibem interaction on nodulation and growth of soybean. **Weed Science**, v. 17, n. 2, p. 264-265, 1969.
- OSMAN, A.K.; WYNNE, J.C.; ELKAN, G.H.;SCHNEEWEIS, T.J. Effect of leaf removal on symbiotic nitrogen in peanut. **Peanut Science**, v. 10, p.107-110, 1983.
- PEIXOTO, M.F.S.P.; SAMPAIO, L.S. de V.; PEIXOTO, C.P.; SAMPAIO, H.S. de V.; ABREU, K.C.L.M.; SILVA, T. O. Doses de trifluralina na nodulação e qualidade fisiológica de plantas de soja. **Magistra**, v.14, n. 1, p. 9-17, 2002b.
- PEIXOTO, M.F.S.P.; SAMPAIO, L.S. de V.; PEIXOTO, C.P.; SAMPAIO, H.S. de V.; SOUZA, R.A.S.; MENESES, C.G.S.; JESUS, J.G.M.N.de. Herbicidas alachlor, pendimethalin e trifluralina na nodulação e crescimento inicial de plantas de amendoim. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 3, n. 2/3, p.139-144, 2002a.
- QUEIROZ, S.R. Biodegradação de ¹⁴C-atrazina em condições semi controladas. 1997. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- REZENDE, J.O. **Recôncavo Baiano, berço da Universidade Federal segunda da Bahia: passado, presente e futuro**. Salvador: P&A, 2004. 194p.
- REZENDE, J.O.; MAGALHÃES, A.F.J.; SHIBATA, R.T.; ROCHA, E.S.; FERNANDES, J.C.; BRANDÃO, F.J.; REZENDE, V.J.P. **Citricultura nos solos coesos dos tabuleiros costeiros: análise e sugestões**. Salvador: SEAGRI/SPA, 2002 (Série Estudos Agrícolas; 3). 97p.
- REZENDE, P.M.; VIEIRA, M.G.G.C.; NETO, J.C.V.; ALCANTARA, E.N. Influência da aplicação de herbicidas no rendimento de grãos, nodulação e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 1, p.25-30, 1985.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. de. **Guia de herbicidas**. 4.ed. Londrina: 1998. 648 p.
- ROSWALL, T. Nitrogen loss from terrestrial ecosystems: global, regional and local considerations. In: INTERNATIONAL MEET GLOBAL IMPACTS OF APPLIED MICROBIOLOGY BANKOK, 5., 1979. **Proceedings...** 1979. p.17-26.
- SADER, R.; CARVALHO, N.M.; CAMARGO, M. Efeito de diferentes doses de trifluralina (treflan) no poder germinativo e produção de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, v.1, n.1, p.59-63, 1979.
- SPADOTTO, C.A. Uso de herbicidas no Brasil. Comitê de meio ambiente. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. 2002. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/herbicidas>. Acesso em: 25 ago. 2004.

STOLP, N.B.; SHEA, P.J. Alachlor and atrazine degradation in Nebraska soil and underlying sediments. **Soil Science**, v.160, n.5, p.359-370, 1995.

VANDERHEYDEN, V.; DEBONGNIE, P.; PUSSEMIER, L. Accelerated degradation and mineralization of atrazine in surface and subsurface soil materials. **Pesticide Science**, v.49, p.237-242, 1997.

WAIS, A.; HAIDER, K.; SPITELLER, M.; GRAAF, A. A.; BURAUDEL, P.; FÜHR, F. Using ¹³C-NMR spectroscopy to evaluate the binding mechanism of bound pesticide residues in soils. **Journal Environmental Science and Health**, B22, n.1, p.1-25, 1995.

YASSIR, A.; RIEU, C.; SOULAS, G. Microbial N-dealkylation of atrazine: effect of exogeneous organic substrates and behaviour of the soil microflora. **Pesticide Science**, v.54, p.75-82, 1998.

CAPÍTULO 13

EVOLUÇÃO, ADUBAÇÃO E DIAGNOSE NUTRICIONAL DE PASTAGENS NO RECÔNCAVO DA BAHIA

Anacleto Ranulfo dos Santos, Raul Lomanto Neto,
Adailde do Carmo Santos & Leandro Gonçalves dos Santos

EVOLUÇÃO, ADUBAÇÃO E DIAGNOSE NUTRICIONAL DE PASTAGENS NO RECÔNCAVO DA BAHIA

Anacleto Ranulfo dos Santos¹; Raul Lomanto Neto²; Adailde do Carmo Santos³; Leandro Gonçalves dos Santos⁴

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: anacleto@ufrb.edu.br

²Pesquisador da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agropecuário (EBDA), Amargosa-BA

³Mestre em Ciências Agrárias/UFBA, Cruz das Almas-BA. E-mail: adacsantos@zipmail.com.br

⁴Eng.º Agrônomo/UFBA, Cruz das Almas-BA

INTRODUÇÃO

O Grande Recôncavo Baiano com 78 municípios se caracteriza pela predominância de pequenas glebas e mão-de-obra familiar como base de sua produção agropecuária, cujo modelo de ocupação da terra é resultado da política do Brasil Colonial. Mais recentemente foi dividido nas regiões econômicas: Litoral Norte e Recôncavo Sul. Essa região foi destacadamente o grande pólo de desenvolvimento da agricultura baiana desde o período Colonial até décadas recentes, como base fornecedora de produtos alimentícios para a capital do Estado. Reconhecido como berço da agricultura brasileira, o Recôncavo foi a primeira região de exploração agrícola para exportação que foi a cana-de-açúcar, e os subseqüentes ciclos de cultivos de algodão, café, fumo e da citricultura. Além disso, pela alta densidade demográfica dessa região, fez-se necessário o desenvolvimento de uma agricultura mais intensiva com exploração de diversas culturas de subsistências, tais como milho, feijão, mandioca, inhame e a presença significativa de áreas de pastagens, com predomínio do gênero *Brachiaria*.

RECÔNCAVO SUL - EVOLUÇÃO AGRÍCOLA

A economia do Recôncavo, que esteve fundamentalmente vinculada à lavoura açucareira desde o período colonial, sofreu grandes oscilações em seus quatro séculos de existência. No início a cultura da cana-de-açúcar era próspera e gerava grandes lucros aos exportadores, pois contava com preços compensadores, proteção e estímulos governamentais, liberdade de produção e facilidade de transporte. Nos terrenos impróprios à cana-de-açúcar, foi implantada a cultura do fumo que despontava como segunda alternativa de cultivo econômico e ao lado destas lavouras desenvolveram-se culturas de subsistência, especialmente a mandioca, como base importante da alimentação dos povos da região.

Outra cultura de destaque no ciclo de desenvolvimento do Recôncavo foi o algodão, que também foi um dos produtos de exportação nos meados do século XVI, sendo que sua produção jamais se igualou à da cana-de-açúcar por causa das contingências do mercado internacional (Rezende, 2004). No século XVIII a cultura do café foi introduzida a partir de Maragogipe, para as partes mais altas do Recôncavo Sul, cultivada em sub-bosque sendo determinante para a ocupação de Amargosa e dos municípios vizinhos do vale do Jiquiriçá. Com o declínio da cultura do fumo, surgiu um novo modelo agrícola que foi a citricultura, principalmente nos Tabuleiros Costeiros, com ênfase aos municípios de Cruz das Almas até Santo Antônio de Jesus. Porém, como os demais ciclos de cultivos, a citricultura entrou em declínio nas últimas décadas, com significativa redução na área plantada e na produtividade dos pomares, gerando instabilidade econômica e desconfiança dos produtores pela continuidade dessa atividade.

Dessa forma, a vegetação original de quase toda a região foi, no decorrer dos anos, sendo paulatinamente substituída pelas atividades econômicas, cedendo espaço para a cana, fumo, exploração de madeira, café, citricultura, cacauicultura, o dendê e as culturas de subsistência. A expansão da pecuária é posterior aos ciclos de exploração iniciais, à exceção dos municípios próximos a Castro Alves, onde não havia proibição para criação de gado.

Solos do Recôncavo

De acordo com Ribeiro (1998), os Tabuleiros Costeiros são formações Terciárias que ocupam grandes extensões de áreas na Bahia e no Nordeste Brasileiro. No Recôncavo as maiores extensões são os solos dos grupos

LATOSSOLO E ARGISSOLO. Os LATOSSOLOS AMARELOS predominam em todo Recôncavo e se caracterizam pela baixa fertilidade natural quanto à disponibilidade de nutrientes e com limitações físicas para o desenvolvimento natural das plantas, principalmente pela presença de uma camada coesa no seu perfil, logo abaixo do horizonte A podendo chegar a 1,0 metro de espessura, condição que reduz a permeabilidade para o ar e água, dificultando o fluxo de nutrientes e impedindo o aprofundamento das raízes. Naturalmente são distróficos ou álicos, com acidez acentuada e baixa capacidade de troca de cátions (Rezende, 2000). Esse fenômeno é consequência da compactação natural (adensamento) cuja característica se acentua em períodos de prolongado estresse hídrico e quando associado ao manejo inadequado desses solos. Em ambiente sob floresta esses solos apresentam o efeito coeso nos horizontes AB e ou BA, porém, se submetidos a cultivos constantes essa coesão surge nas camadas mais próximas da superfície, em função da ação erosiva nesse ambiente. Na região, dentre os cultivos mais atingidos por essa camada endurecida no perfil do solo, sem dúvida é a citricultura. Segundo Souza et al. (2000), um adequado suplemento de água ao longo do tempo com o solo friável esse impedimento físico ao crescimento radicular seria não limitante.

De acordo com os resultados analíticos de amostras dos diversos municípios da região do Recôncavo Sul, esses solos apresentam significativa variabilidade química natural (Tabela 1), o que influencia diretamente no rendimento das culturas implantadas. Nessas condições de fertilidade, resultados de pesquisas demonstram potencialidade desses ambientes que, uma vez manejados adequadamente, destacando a correção do solo e adubação, podem aumentar a produtividade das culturas de forma expressiva. Assim, as áreas de pastagens em sua maioria degradadas, com baixas produções de forragens, podem ser recuperadas num curto prazo com aplicação de tecnologias simples de manejo da gramínea observando o seu estado nutricional, manejo do solo quanto à composição química e física, e o manejo animal, destacando a sua potencialidade genética para o tipo de exploração desejada, quando interagidas essas ações.

Tabela 1. Caracterização química de LATOSSOLO AMARELO coletado na camada 0,20 m sob diferentes cultivos, em municípios do Recôncavo Sul da Bahia.

Municípios	pH (H ₂ O)	P (mg kg ⁻¹)	K	Ca	Mg (cmol _c dm ⁻³)	Al	H	M0 (g dm ⁻³)
C. Almas (5)	4,9	2,0	0,07	0,7	0,5	0,5	2,4	14,6
Sapeaçu (5)	5,8	3,0	0,10	1,2	1,1	0,0	2,2	8,2
Amargosa (1)	5,6	4,0	0,07	8,1	1,0	0,3	7,0	78,8
Amargosa (2)	5,0	3,0	0,20	2,8	0,9	0,2	2,6	12,5
C. Almas (3)	4,5	3,0	0,10	0,5	0,4	0,4	1,6	6,0
Muritiba (6)	5,2	1,0	0,20	0,4	0,2	0,0	1,8	22,9
Muritiba (4)	4,8	5,0	0,23	0,8	0,6	0,1	2,8	18,0
S.A. Jesus (6)	4,2	1,0	0,10	0,3	0,3	0,7	5,0	16,0
D.M. Costa (6)	5,4	1,0	0,12	0,5	0,6	0,2	2,7	14,5

(1) área de pastejo rotacionado; (2) Latossolo sob Mata Atlântica; (3, 4) área de citricultura; (5) área de mandioca; (6) área de pastejo extensivo.

Histórico das pastagens no Recôncavo Sul

O Recôncavo Sul é composto por 33 municípios, ocupa uma área de 10.839,5 km² e uma população estimada em 2003 de 701.675 habitantes, portanto, uma das mais densas das regiões da Bahia com 64,7 habitantes/km². Está localizada entre 12° 23' e 13° 24' de latitude sul e 38° 38' e 40° 10' de longitude Oeste, com homogeneidade de clima, solo, relevo e regime pluviométrico. A vegetação original na maior parte do Recôncavo Baiano até a sua descoberta se caracterizava pelas formações florestais, de diferentes tipos, equatorial, tropical, subtropical e em seis municípios localizados no semi-árido tem-se formação de caatinga. A derrubada da mata visava o preparo da terra para cultivos anuais e perenes. Como consequência do inadequado manejo dessas áreas de florestas, a utilização dos campos nativos e das pastagens implantadas, surgiram como alternativa econômica na região, pois imaginava-se que as gramíneas forrageiras seriam produtivas nos diversos ambientes, o suficiente para sustentar a evolução dos rebanhos.

O estabelecimento das pastagens nas áreas florestais foi destacado no começo do século passado e se intensificou a partir das décadas de 30 e 40. Os capins que predominaram neste sistema foram o capim-gordura (*Melinis minutiflora*), capim-angola (*Brachiaria mutica*) e o capim colônio (*Panicum maximum*) restrito às áreas mais subtropicais. Estas forrageiras, após alguns anos sob pastejo, apresentavam uma queda na produção e iniciava-se o processo de degradação. Com esta situação os produtores buscavam alternativa e passou-se à procura da "forrageira milagrosa" e dessa forma chegou-se ao que foi denominado de ciclo dos capins. Essa nova forrageira deveria ir bem em terras fracas e fornecer algum verde na seca.

O capim *Brachiaria decumbens*, popularmente capim-braquiária, adaptou-se perfeitamente às condições de

solos ácidos e de baixa fertilidade do Recôncavo, proporcionando na época, aumentos na taxa de lotação de 5 a 10 vezes maiores que as pastagens existentes nessas áreas. O aumento da produção das pastagens e dos rebanhos foi expressivo e possibilitou que os produtores passassem a integrar as atividades de cria, recria e engorda. A utilização das gramíneas do gênero *Brachiaria* nas pastagens tem sido vinculada à agressividade na formação da área, à dispensa de seguidos cultivos na época de reformas de pastagens velhas e à menor exigência em fertilidade que as demais gramíneas.

A realidade existente no Recôncavo Sul é a mesma em todo o Brasil, visto que a quase totalidade dos pastos é de gramíneas do gênero *Brachiaria*, predominando o *Brachiaria decumbens*. Como consequência da falta de adoção de práticas conservacionista ao longo dos anos, essas pastagens apresentam-se atualmente elevado grau de degradação, tendo como principal característica o baixo rendimento de forragem.

O fator de manejo mais relevante para a persistência das pastagens é a pressão de pastejo. Impressionado com as elevadas produções forrageiras dos primeiros anos, principalmente nos períodos mais chuvosos na região que vai de março a agosto, o produtor passou a elevar a carga animal muito acima da capacidade de suporte da pastagem (geralmente estimada em unidade animal por hectare). Esse modelo de criação é mais degradativo nos períodos mais seco do ano, pois diminui a produção de forragem e os animais pastejam quase rente ao solo, fato que dificulta a rebrota da gramínea. Spain & Graldron (1991) citam que os fatores que mais contribuem para a degradação das pastagens são: o super pastejo com altura de corte muito rente ao solo prejudica a rebrota das plantas; o sub pastejo que favorece o acúmulo de material maçegado, logo maior incidência de pragas e doenças; invasão de plantas indesejáveis; falta de adaptação das espécies implantadas; perda da fertilidade do solo; falta de adubação de reposição e manutenção da fertilidade do solo e incompatibilidade entre as espécies associadas.

Importância econômica das pastagens

O modelo de criação bovina extensiva a pasto é a forma mais econômica de fornecer alimentação abundante e de qualidade aos animais. Para tanto, é preciso que o solo tenha alta fertilidade e condições de fornecer os nutrientes para as plantas. No Recôncavo, a exploração dos rebanhos leiteiros e produção de carne está apoiada na criação a pasto, fato que destaca a importância de estudos nesses ecossistemas para adoção de manejo adequado nessas pastagens.

O estado da Bahia possui um rebanho bovino de 9.170.680 cabeças, compondo com 5,57 % do total de bovinos do país. A área de pastagem do estado é de 14.489.768 hectares, ocupando cerca de 48,55% da área total de 29.842.900 hectares de agropecuária. O Recôncavo Sul baiano possui um rebanho bovino de aproximadamente 436.070 cabeças, compondo com 4,75% do total de bovinos do estado da Bahia (Censo, 2000). A área ocupada com a atividade agropecuária nos municípios do Recôncavo Sul é superior a 815.908 hectares, sendo com pastagens, aproximadamente 622.872 hectares, dos quais mais de 60% é ocupado com a *Brachiaria decumbens*. Dentre os municípios do Recôncavo Sul, Amargosa destaca-se como detentor do maior rebanho bovino e conseqüentemente maior produtor de carne e leite, condição que justifica ser a região de maior aplicação de índices tecnológicos e resultados de produção acima da média do Estado.

Em grande parte do Recôncavo Sul o sistema de criação mais usado é o extensivo, onde a adoção de tecnologia é muito pequena, tem maior atenção nas ações profiláticas, o manejo dos pastos depende do índice pluviométrico e a média da capacidade de suporte chega a ser inferior a 0,3 UA ha⁻¹. Em menor proporção encontra-se o sistema de exploração racional com adoção do pastejo rotacionado, adubação das pastagens, programa sanitário para o rebanho, inseminação artificial e utilização de transferência de embrião, com índices zootécnicos acima da média do estado da Bahia e com capacidade de suporte maior que 1,5 UA ha⁻¹.

Degradação de pastagens no Recôncavo Sul

A perda de fertilidade natural do solo tem levado os pecuaristas em todo Recôncavo Sul a uma cíclica substituição de espécies forrageiras sempre no sentido das menos exigentes como, por conseguinte, de menor valor nutritivo. Assim, o capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) foi substituído em muitas áreas pelo pangola e posteriormente pelas braquiárias.

As pastagens são consideradas em degradação quando a produção da forragem é insuficiente para manter determinado número de animais no pasto e por certo tempo. Entretanto, quando a produção de matéria seca diminui sensivelmente a ponto de ser notada através de lotação animal, a planta forrageira já reduziu drasticamente o sistema radicular, o perfilhamento a expansão de folhas novas e os níveis de reservas de carboidratos nas raízes e base das hastes. A degradação, na verdade, dificilmente pode ser devida a uma causa isolada. É necessária uma noção de

conjunto e de funcionamento dos ecossistemas de pastagens. Em geral observa-se que, uma vez estabelecida a pastagem, com exceção dos problemas causados por pragas e doenças, o início da degradação tem origem nos problemas de manejo do rebanho e na não adoção de práticas conservacionistas. Além disso, fatores como sazonalidade da produção forrageira e superestimação das taxas de lotação contribuem diretamente para a degradação desses ecossistemas.

No Recôncavo Sul como nas demais regiões de pastagens do Brasil, o que determina o nível da exploração é a produção de forragem na estação seca do ano. Considerando que áreas de pastagem são mantidas durante todo o ano com a mesma taxa de lotação, gera-se aí situação clássica de excesso de forragem na estação chuvosa e falta na estação seca. Poucos produtores adotam um planejamento para ter na propriedade uma área destinada à reserva estratégica (capineira, milho, cana, sorgo, palma, mandioca, leguminosas, feno e construção de silo etc.).

Associados à taxa de lotação, estão os problemas relacionados aos hábitos de locomoção dos animais. Em todo o Recôncavo Sul, observa-se a formação de trilhas preferências no sentido morro abaixo nas pastagens, preferencialmente, próximo a cochos de sais ou bebedouros. Em muitas pastagens localizadas em áreas amorradas, pode-se observar alguns trechos do terreno sem vegetação, que apresentam sulcos de erosão. Estes sulcos, geralmente, têm como causa a movimentação constante de animais pela mesma área, no sentido do declive.

No entanto, vários outros autores, inclusive alguns mencionados anteriormente (Dematte, 1988; Sampaio, 1998), são conclusivos em dizer que a prática da queimada, se mal conduzida ou mesmo efetuada continuamente, pode trazer conseqüências negativas tanto para a pastagem quanto para o solo que a sustenta.

Adubação de pastagens

Para o bom desenvolvimento das pastagens, assim como de qualquer cultura, há necessidade que esteja disponível e, em quantidade adequada no ambiente, todos os elementos considerados essenciais, classificados como orgânicos: *carbono (C)*, *oxigênio (O)* e *hidrogênio (H)* e inorgânicos como os macronutrientes: *nitrogênio (N)*, *fósforo (P)*, *potássio (K)*, *cálcio (Ca)*, *magnésio (Mg)* e *enxofre (S)*, e micronutrientes: *boro (B)*, *cloro (Cl)*, *cobre (Cu)*, *ferro (Fe)*, *manganês (Mn)*, *molibdênio (Mo)* e *zinco (Zn)* (Epstein, 1975).

É evidente que o solo é o principal componente fornecedor de elementos químicos para as plantas, não apenas os considerados essenciais como também aqueles classificados como benéficos como o sódio, silício, selênio, cobalto e os elementos tóxicos como o alumínio, mercúrio, cromo, chumbo etc. Certamente, a prática de reposição de nutrientes através da adubação é fundamental para elevação e manutenção da quantidade e qualidade da forragem a pasto. Há evidências nas pastagens do Recôncavo Sul, da utilização planejada de adubos como uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio como fonte de N, P e K, respectivamente, assim como de pastagens consorciadas com leguminosas, dentre elas o calopogônio, crotalária juncea, crotalária vistosa, estilosantes, mucuna, feijão de porco etc., e cultivos isolados dessas culturas servindo de bancos de proteínas para os animais. Segundo Werner (1986), o uso de pastagens consorciadas é uma opção para reconstituir a fertilidade do solo quanto à matéria orgânica, devido à capacidade da leguminosa em fixar nitrogênio do ar. Para tanto, é preciso que essa leguminosa esteja bem nutrida com os demais elementos essenciais e que não haja fatores adversos, como exemplo, elevados teores de alumínio no solo.

Calagem: a aplicação de calcário em áreas de pastagens, principalmente o dolomítico é fundamental para redução da acidez que se constata na maioria dos solos do Recôncavo (Tabela 1) e por fornecer em proporções mais adequadas os nutrientes cálcio e magnésio para as plantas. A calagem é uma prática que também diminui os efeitos danosos do alumínio, manganês e ferro, os quais podem estar em quantidades excessivas quando o solo apresenta pH baixo, prejudicando diretamente as plantas, assim como, bactérias importantes (*Rhizobium*) para as leguminosas. É importante destacar que dependendo da espécie as plantas são mais ou menos responsivas à calagem. As braquiárias são classificadas como plantas de tolerância relativa à acidez do solo, atributo importante para a sua persistência e produtividade nas mais diversificadas condições de solo.

Nitrogênio (N): é um dos nutrientes mais exigidos pela maioria das plantas cultivadas, sendo absorvido preferencialmente nas formas iônicas NO_3^- , NH_4^+ e N_2 . Esse elemento tem função estrutural e faz parte de molécula de aminoácidos, proteínas, é constituinte de bases nitrogenadas e ácidos nucléicos, clorofila e alcalóides, bem como de muitos hormônios, enzimas e vitaminas. Além disso, influencia nos processos de absorção iônica, respiração, fotossíntese, diferenciação celular etc. (Malavolta, 1980). A deficiência de N influencia de imediato no crescimento da planta com coloração verde clara ao amarelecimento inicial das folhas mais velhas em função de sua alta mobilidade interna na planta. O excesso provoca redução de floração, frutificação e acamamento.

Fósforo (P): elemento constituinte das moléculas de ATP, ADP, ácidos nucleicos e dos fosfolipídeos das membranas celulares, sendo importante na liberação de energia para o processo ativo de absorção iônica. As formas iônicas $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} são as preferencialmente absorvidas, formando compostos orgânicos como hexoses fosfatadas, ésteres de carboidratos, fosfolipídeos e outros, como também, compostos inorgânicos como ortofosfatos e pirofosfatos (Mengel & Kirkby (1987).

Segundo Werner (1986), depois do nitrogênio, o fósforo é o elemento mais importante, tendo grande influência no crescimento das raízes e no perfilhamento das plantas forrageiras. Por isso esse elemento é fundamental no processo de recuperação de pastagens degradadas. O excesso de fósforo gera deficiência de cobre, ferro, manganês e zinco. Grant et al. (2001) citam que deficiência de fósforo no início do ciclo vegetativo da planta pode resultar em restrições no crescimento, das quais a planta não se recupera mesmo fornecendo fósforo posteriormente.

Potássio (K): é absorvido na forma iônica (K^+) e atua como ativador de algumas enzimas na síntese de amido e ácidos graxos. Participa da fotossíntese e respiração e da síntese de clorofila, sendo importante nos movimentos de abertura e fechamento dos estômatos e no transporte de carboidratos (Marschner, 1995). Os capins deficientes em potássio apresentam colmos finos, raquíticos e pouco resistentes ao tombamento. As leguminosas deficientes em potássio têm seu crescimento limitado, há redução na nodulação, afetando a fixação de nitrogênio. Em excesso, o potássio causa deficiência de cálcio e ou manganês.

Cálcio (Ca): absorvido na forma iônica (Ca^{2+}) esse elemento tem função estrutural, fazendo parte da parede celular como pectato de cálcio, estando ligado à formação e funcionamento das membranas celulares. É ativador enzimático (ATPase e fosfolipase) e faz parte da amilase. A deficiência de cálcio pode ser induzida por excesso de Na, K, NH_4^+ e ou Mg que limitam a sua absorção. O cálcio é importante para manter a estrutura e o funcionamento normal das membranas da célula e em baixas concentrações, estimula a absorção de outros ions. Sintoma de deficiência em folhas novas, deformação das folhas, morte dos pontos de crescimento e clorose nas pontas. O excesso provoca deficiência de potássio e ou magnésio.

Magnésio (Mg): é elemento estrutural da molécula de clorofila, pectina e fitina, participa da fotossíntese, ativador enzimático e funciona como carregador de fósforo. Absorvido na forma iônica (Mg^{2+}), é móvel no floema celular, por isso apresenta sintomas de deficiência primeiramente nas folhas velhas, assim como o nitrogênio, fósforo e potássio. Em condição de deficiência ocorre clorose internerval e a nervura da folha permanece verde. O excesso de magnésio promove indução de deficiência de potássio e/ou cálcio.

Enxofre (S): absorvido na forma iônica SO_4^{2-} , é constituinte dos aminoácidos cistina e metionina, de proteínas, clorofila, vitaminas e importante para fixação de nitrogênio. Esse elemento é pouco móvel na planta, por isso o sintoma de deficiência aparece primeiro nas folhas novas. A deficiência de enxofre nas pastagens do Recôncavo ainda não é preocupante, entretanto, a forte aplicação de adubos nitrogenados nessas áreas pode favorecer o desequilíbrio nitrogênio e enxofre afetando o crescimento da forrageira.

Micronutrientes: nas condições edafo-climáticas da região do Recôncavo não se têm encontrado resultados satisfatórios do uso de micronutrientes nas pastagens. Dentre esses elementos (boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco), o zinco é o micronutriente mais utilizado na maioria das culturas, além de sua forte interação com o fósforo no solo (Mengel & Kirkby, 1987). Estudos com micronutrientes são importantes para obter o máximo de eficiência produtiva e qualidade da forragem em pasto.

RESULTADOS DE PESQUISAS COM FORRAGEIRAS NO RECÔNCAVO

Na região do Recôncavo da Bahia ainda são incipientes os trabalhos de pesquisas direcionados para avaliação do estado nutricional de plantas forrageiras. Mais recentemente, como apoio do Mestrado em Ciências Agrárias, e com a formação do grupo de pesquisa em “Nutrição Mineral de Plantas e Pós-Colheita” da UFRB, estudos com macronutrientes isolados e em interações vêm sendo desenvolvidos com capins do gênero *Brachiaria*, principalmente o *Brachiaria decumbens*, que é o mais cultivado na região.

Estudos com aplicação de calcário em pastagens de braquiária estabelecida em LATOSSOLO AMARELO foram desenvolvidos nos anos de 1998 e 1999 na então Escola de Agronomia da UFBA. Os resultados da Tabela 2

demonstram que no primeiro ciclo da braquiária a elevação da saturação de bases (V%=60) incrementou o rendimento de massa seca em 95% e que saturação acima deste valor apresentou aumentos inferiores a este, quando comparados com a fertilidade natural do solo (V%=33). No segundo ciclo vegetativo, sem reposição da calagem, observou-se aumento linear, com 84% quando V%=80.

Nos dois cortes não houve efeito significativo da calagem sobre a concentração de nitrogênio, assim como para os valores de proteína bruta na forrageira. Entretanto, o acúmulo de nitrogênio foi mais acentuado quando V%=70. Esses resultados indicam efeito positivo do aumento da disponibilidade de cálcio e magnésio no solo na qualidade da forrageira. Neste estudo, quando se fez a substituição de 25% do CaO do calcário por gesso agrícola, verificou-se apenas aumento de 27% e 14% no rendimento de massa seca da braquiária no primeiro e segundo cortes, respectivamente, quando o V%=50. Também não foi observada influência da presença do gesso agrícola nos teores de nitrogênio na planta, entretanto, a extração de nitrogênio do solo foi menor com o aumento da saturação por bases.

Tabela 2. Rendimento em massa seca, teor, acúmulo de nitrogênio e proteína bruta do primeiro e segundo cortes da parte aérea do capim-braquiária, em função da saturação por bases (V%). Os valores são médios de quatro repetições.

VARIÁVEIS	CORTE	(V %)				
		33	50	60	70	80
Massa seca (kg ha ⁻¹)	I	4628	5330	9040	8450	8230
	II	1812	2550	2662	2975	3337
Teor de N (g kg ⁻¹)	I	10,6	8,9	8,3	10,4	9,3
	II	15,3	16,9	16,9	15,3	15,3
Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	I	49,01	47,54	75,37	88,34	76,95
	II	31,67	43,18	44,00	67,90	53,55
Proteína bruta (g kg ⁻¹)	I	66,1	55,6	56,8	65,2	55,9
	II	95,9	105,5	105,5	107,2	95,9

Trabalho não publicado. Resultados em Relatório de Pesquisa PIBIC (Silva & Santos, 1999a).

A aplicação de N, como fonte uréia, em pastagem implantada com braquiária demonstrou que houve incremento linear de 174% no rendimento da massa seca da forrageira (2300 para 6300 kg ha⁻¹), na dose de N= 600 kg ha⁻¹ no primeiro crescimento da cultura. No segundo crescimento houve efeito quadrático de resposta, com maior aumento de 104% (1710 para 3480 kg ha⁻¹) na dose N=300 kg ha⁻¹. O teor de N nas folhas aumentou significativamente na ordem de 424% e 32% no primeiro e segundo cortes da planta na dose de N= 600 kg ha⁻¹, respectivamente. Nas hastes da planta esse aumento foi de 800% no primeiro e 24% no segundo corte. Nessa dosagem de N no solo, obteve-se aumento de N acumulado na planta superior a 800% (13,7 para 134,8 kg de N ha⁻¹) no primeiro corte, e de 156% (27,41 para 62,78 kg de N ha⁻¹) no segundo corte da forrageira, quando comparado com o tratamento sem aplicação de uréia (Silva & Santos, 1999b).

Estudo desenvolvido por Carvalho (2000), avaliando o comportamento de algumas gramíneas e leguminosas em LATOSSOLO AMARELO no município de Cruz das Almas-BA, demonstrou que a *Crotalaria juncea* e a mucuna apresentaram rápido crescimento no período inicial, precocidade na produção de massa, boa cobertura do solo e bom volume de raízes em profundidade. Por isso, essas plantas apresentam potencial para serem usadas como adubo verde e na recuperação de solos fisicamente degradados. Por outro lado, o autor constatou que o calopogônio apresentou menor velocidade de crescimento no período inicial, sendo mais tardia para cobertura total do solo. Nesse estudo, o capim cameroon e a braquiária humidícola apresentaram grande velocidade de crescimento no período inicial do ciclo vegetativo, podendo assim, serem competitivas com a vegetação nativa. A produção de massa seca do cameroon foi superior às demais espécies estudadas, confirmando ser uma excelente opção como forrageira de corte na região. Esses resultados indicam a importância da diversificação de espécies num ambiente de pastagem, condição que favorece o melhor aproveitamento de água, nutriente e adequação às variações climáticas.

Estudos com resíduos orgânicos e adubação mineral com NPK no capim-braquiária demonstraram que a produção de massa seca aumentou de forma mais significativa com a adubação NPK, que em relação às adubações com esterco bovino curtido e compostos de lixo selecionado e não selecionado. O rendimento de forragem e o número de perfilhos não foram influenciados com adição dos compostos orgânicos, sendo o esterco bovino o mais eficiente no rendimento de forragem (Rodrigues, 2001).

Santos & Santos (2002), estudando a interação N:S em capim-braquiária, observaram no primeiro corte que houve efeito significativo para as doses de nitrogênio e para a interação, entretanto, não foi observada significância do enxofre isoladamente. O maior rendimento em massa seca foi obtido com a dose de N=300 kg ha⁻¹, correspondendo a

uma concentração em N de 18,8 g kg⁻¹ e 14,5 g kg⁻¹ no limbo foliar e na haste da forrageira, respectivamente. No segundo crescimento não houve significância para S e nem para a interação N:S.

Avaliando a interação N:P num LATOSSOLO na região de Amargosa, Lomanto Neto (2002) observou que numa pastagem degradada de capim-braquiária a produção de massa seca das folhas, das hastes e parte aérea, assim como, a concentração e o acúmulo do N e P, apresentaram respostas significativas com a aplicação desses elementos. No primeiro crescimento a interação N:P nas doses 200:160 (kg ha⁻¹) promoveu um aumento de 14 vezes em massa seca, enquanto que a interação com as doses 100:40 apresentou um aumento de cinco vezes no rendimento em relação ao tratamento controle.

A adubação fosfatada é imprescindível no estabelecimento de pastagens nos solos da região do Recôncavo, vez que estes normalmente apresentam baixas concentrações desse elemento. De acordo com Santos (2003), a eficiência da adubação fosfatada aumenta com a disponibilidade de Mg no solo, e altas concentrações de P no solo apresentou melhor desempenho da forrageira quando a dose de magnésio foi de 40 kg ha⁻¹. Em estudo de interação P:Mg, o rendimento de massa seca da braquiária foi influenciado pela adubação fosfatada e magnésiana. Segundo Santos et al. (2004), o aumento das doses de P num LATOSSOLO AMARELO favoreceu maior concentração e acúmulo de P, Mg e N nos dois ciclos de crescimento do capim-braquiária. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Guss (1988) e Rao et al. (1996) em relação à concentração de P na planta.

A adubação de pastagens através da interação P:K também vem sendo avaliada na região. As doses de K₂O 50 e 100 kg ha⁻¹ promoveram um incremento de massa seca de 40 e 60%, respectivamente, quando em omissão de P. Em presença de altas concentrações de P (200 kg P₂O₅ ha⁻¹) o maior acréscimo no rendimento de massa seca foi obtido com a dose 50 kg K₂O ha⁻¹, apresentando 121% quando comparado a omissão de P e K (Santos & Santos, 2003).

Os resultados apresentados demonstram a significativa influência da adubação mineral nas pastagens do Recôncavo da Bahia, principalmente nas áreas de capins do gênero *Brachiaria*, com características de degradação com baixa produção de massa seca, resultante de vários fatores de manejo da forrageira, do solo e do excesso de animais por área e do tipo de criação. Com isso, espera-se que as pesquisas com plantas forrageiras possam continuar de forma ainda mais intensiva, e que os conhecimentos gerados possam melhorar a produtividade e qualidade das pastagens da região.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, S.R.L. de. **Identificação, caracterização e cinética do crescimento de leguminosas e gramíneas com alto poder relativo de penetração de raízes em solo coeso dos tabuleiros costeiros do recôncavo baiano**. 2000. 115f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

CENSO Agropecuário 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/ibge/estatística/economia/agropecuária/censoagro/default.shtm>.

DEMATTE, J.L.I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos: região Amazônica**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215p.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: USP, 1975. 341p.

GUSS, A. **Exigências de fósforo para o estabelecimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais em solos com diferentes características físicas e químicas**. 1988. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GRANT, C. A.; FLANT, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato. 2001. (Informações Agrônomicas, 95) 5p.

- LOMANTO NETO, R. **Caracterização da degradação e resposta de pastagens com *Brachiaria decumbens* Stapf., à interação N:P na região de Amargosa-BA.** 2002. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MARCSHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MENGEL, L.; KIRKBY, E.A. **Principles of plants nutrition.** Bern: International Potash Institute, 1987, 687p.
- RAO, I.M.; KERRIDGE, P.C.; MACEDO, M.C.M. Nutritional requirements of *Brachiaria* and adaptation to acid soil, In: MILES, J.W.; MAASS, B.L.; VALLE, C.B.do (Ed.) **Brachiaria: Biology, (Agronomy, and Improvement).** Cali: CIAT; EMBRAPA, 1996. P.53-71.
- REZENDE, J. de O. **Recôncavo Baiano, berço da Universidade Federal segunda da Bahia: passado, presente e futuro /** Joelito de Oliveira Rezende. Salvador: P&A, 2004. 194p.
- REZENDE, J. de O. **Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo.** Salvador-BA: SEAGRI/SPA, 2000. 117p. il. (Série Estudos Agrícolas, 1).
- RIBEIRO, L.P. **Os Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução e degradação.** Salvador, BA: SEPLANTEC/CADCT, 1998. 98P.
- RODRIGUES, M. G. **Rendimento de matéria seca e avaliação nutricional da *Brachiaria decumbens* Stapf., submetida à adubação com resíduos orgânicos compostados em Latossolo Amarelo coeso.** 2001. 98f. dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas.
- SAMPAIO, F. A. R. **Balço de nutriente em sistema de agricultura migratória no município de Ji-Paraná-RO.** 1998. 119f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.
- SANTOS, A. do C **Rendimento e estado nutricional do capim-braquiária, em função da interação fósforo e magnésio em um Latossolo Amarelo do Recôncavo da Bahia.** 2003. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas.
- SANTOS, L. G. dos.; SANTOS, A. R. dos. Rendimento da *Brachiaria decumbens* Stapf., em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio e enxofre num Latossolo Amarelo coeso do Recôncavo da Bahia. **Relatório de Pesquisa, PIBIC.** 2002. 20f. Cruz das Almas-BA.
- SANTOS, L. G. dos.; SANTOS, A. R. dos. Interação fósforo:potássio no rendimento, teor e acúmulo de nitrogênio do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) num Latossolo Amarelo. **Relatório de Pesquisa, PIBIC.** 2003. 22f. Cruz das Almas-BA, 2003.
- SANTOS, A. do C.; SANTOS, A. R. dos.; SANTOS, L. G. dos. Teores de nutrientes em pastagens com braquiária em função da interação fósforo e magnésio em um Latossolo Amarelo. **Magistra**, Cruz das Almas, v.16, n.1, p.9-18, 2004.
- SILVA, J. O. da.; SANTOS, A. R. dos. Resposta do capim-braquiária submetido a doses de calcário e gesso agrícola em um Latossolo amarelo coeso. **Relatório de Pesquisa, PIBIC.** 1999. 25f. Cruz das Almas-BA, 1999a.
- SILVA, E. S.; SANTOS, A. R. dos. Resposta do capim *Brachiaria decumbens* Stapf., submetido a doses de nitrogênio em solos dos Tabuleiros costeiros no Recôncavo da Bahia. **Relatório de Pesquisa,** 1999. 10f. Cruz das Almas-BA, 1999b.

SOUZAL, da S. et al. Perspectivas de uso dos solos dos tabuleiros costeiros. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., Ilhéus, BA. **Anais...** SBCS, 2000, 57p.

SPAIN, J.M.; GUALDRON, R. Degradación e rehabilitación de pastures. In: LASCANO, C.; SPAIN, J.M. (Eds). **Establecimiento y renovación de pastures**. Cali: CIAT, 1991.

WERNER, J.C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (IZ. Boletim Técnico, 18).

CAPÍTULO 14

DESORDENS NUTRICIONAIS EM POMARES CÍTRICOS NO RECÔNCAVO BAIANO

Washington Luiz Cotrim Duete, Rozilda Vieira Oliveira
Sacramento & Robson Rui Cotrim Duete

DESORDENS NUTRICIONAIS EM POMARES CÍTRICOS DO RECÔNCAVO BAIANO

Washington Luiz Cotrim Duete¹; Rozilda Vieira Oliveira Sacramento²; Robson Rui Cotrim Duete³

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: wlcduete@ufrb.edu.br.

²Mestre em Ciências Agrárias/UFBA, Cruz das Almas-BA. E-mail: rozilda@ufrb.edu.br

³Pesquisador - Empresa Baiana de Desenvolvimento Agropecuário (EBDA), Cruz das Almas-BA

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se no cenário mundial como maior produtor de laranjas, participando com 26,61% da produção mundial segundo dados da FAO (2004), ocupando ainda a posição de maior exportador de suco concentrado, suprimindo 80% da demanda mundial e gerando divisas de US\$ 1 bilhão/ano. A produção nacional é liderada pelo Estado de São Paulo o qual responde por 79,65 % dessa produção, estando a Bahia em 2º lugar participando com apenas 4,98% no ranking nacional.

Na Bahia, a citricultura tem grande importância social, pois emprega, a cada safra, um contingente superior a 20 mil pessoas. Entretanto, a atividade citrícola no Estado sofreu decréscimo na produção de laranja de 21%, passando de 4,3 bilhões de frutos em 1999, para 3,4 bilhões em 2000, com rendimento médio de 68.842 frutos ha⁻¹ (SEI-BA, 2004). Desta produção o Recôncavo Baiano responde com 15,55%, com destaque para os municípios de Cruz das Almas, Sapeaçu, Muritiba, Conceição do Almeida, Cabaceiras do Paraguaçu, Castro Alves e Governador Mangabeira.

Nesta região a citricultura desenvolve-se em solos de Tabuleiros Costeiros, com predominância do Latossolo Amarelo distrófico, de textura média, caracterizando-se pela baixa capacidade de retenção de água, acidez natural e presença de camadas adensadas limitando a infiltração e o aprofundamento do sistema radicular. Aliado a estes fatores acrescenta-se ainda a adubação insuficiente, ausência de controle fitossanitário e o manejo inadequado, resultando em plantas de baixo vigor, comprometendo a produção e a longevidade dos pomares.

Uma das melhores técnicas para avaliar o estado nutricional dos pomares e orientar programas de adubação consiste na análise foliar aliada aos conhecimentos da fertilidade do solo e das influências de outros fatores (Rodriguez, 1988).

Desta forma, será avaliado neste capítulo, o estado nutricional dos pomares de laranjeiras nos municípios de Muritiba e Governador Mangabeira situados no Recôncavo Baiano, a partir da diagnose foliar e das condições de fertilidade apresentada pelo solo, identificando as desordens nutricionais - deficiências, excessos e desequilíbrios - responsáveis pela baixa produtividade dos pomares.

Nitrogênio

Na região em estudo os teores foliares de N apresentaram-se adequados em 59% dos pomares na faixa de 24 - 26 g kg⁻¹ de N, apresentando ainda 41% dos pomares com altas concentrações, entre 27 a 30 g kg⁻¹, segundo classificação de Malavolta & Prates (1994) (Tabela 1). Considerando os altos valores encontrados convém lembrar que, segundo Obreza (1996), o N segue a lei dos incrementos decrescentes, obtendo-se maiores rendimentos a baixas doses. Com a mesma preocupação, Quaggio et al. (1998) observaram decréscimo de rendimento com teores foliares de N igual a 28 g kg⁻¹.

É importante chamar atenção que os teores de matéria orgânica do solo tanto nas camadas de 0 - 20 cm quanto de 20 a 40 cm, conforme visualiza-se na Tabela 2, apresentaram-se na faixa de muito baixo a baixo. Apesar dos baixos teores de matéria orgânica encontrados neste solo, o suprimento adequado e alto de N nas plantas pode ser explicado pelas freqüentes adubações orgânicas com esterco de animal, além da torta de mamona utilizada quando da aplicação da fórmula 10-10-10 fornecidas aos agricultores para o cultivo do fumo, que é realizado nas entrelinhas dos pomares. Considerando as condições climáticas da região, é intenso o processo de mineralização da matéria orgânica, razão pela qual seus teores no solo são sempre baixos, estando o N em nível adequado a alto na planta, possivelmente, pela capacidade desta armazená-lo nas folhas para redistribuição nos períodos de florescimento e frutificação, conforme relatos de Legaz et al. (1995).

Tabela 1. Frequência de amostras observadas por classe de teores foliares de macronutrientes em pomares de laranja 'Pêra', nos municípios de Muritiba e Governador Mangabeira-BA, 2003.

Elementos	Classe de teores				
	Deficiente	Baixo	Adequado	Alto	Excessivo
 %				
N	0	0	59,0	41,0	0
P	0	11,8	88,2	0	0
K	0	8,8	53,0	38,2	0
S	0	0	41,0	59,0	0
Ca	0	91,2	8,8	0	0
Mg	0	0	5,9	44,1	50,0

Tabela 2. Frequência de amostras observadas por classe de teores de matéria orgânica, macronutrientes e propriedades do solo, nas duas profundidades, em pomares de laranja 'Pêra' nos municípios de Muritiba e Governador Mangabeira-BA, 2003.

Parâmetros químicos	Profundidade	Classe de teores				
		Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
 cm %				
MO	0 – 20	3,0	97,0	0	0	0
	20 – 40	11,8	88,2	0	0	0
P	0 – 20	17,6	20,6	17,6	14,7	29,5
	20 – 40	61,8	14,7	20,6	0	2,9
K	0 – 20	0	26,5	35,3	23,5	14,7
	20 – 40	14,7	50,0	23,6	8,8	2,9
Ca	0 – 20	0	17,6	73,6	2,9	5,9
	20 – 40	2,9	88,3	8,8	0	0
Mg	0 – 20	0	17,6	64,7	11,8	5,9
	20 – 40	2,9	73,6	20,6	0	2,9
S	0 – 20	20,6	26,5	2,9	8,8	41,2
	20 – 40	58,8	26,5	11,8	2,9	0
Acidez efetiva pH(CaCl ₂) ⁽¹⁾	0 – 20	0	11,8	17,6	44,1	26,5
	20 – 40	0	0	0	11,8	88,2

⁽¹⁾ A interpretação desta característica deve ser alta e muito alta em lugar de bom e muito bom.

Vale também ressaltar que a ciclagem de N em ambiente de pomar cítrico é complexa e tem sido objeto de estudo por vários pesquisadores. Neste sentido, a análise da fertilidade do solo não possibilita estimar a disponibilidade de N devido à dinâmica deste elemento no processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica. Segundo Obreza (1996), num pomar cítrico a reciclagem da matéria orgânica fornece a maior parte do N necessário para formar novas folhas e galhos, sendo assim pequena fertilização de N supri essa função. Dou et al. (1997), em estudo sobre a contribuição de N provenientes da mineralização de resíduos de folhas e galhos secos que retornam ao solo, comprovaram que esses resíduos podem contribuir com até 153 kg ha⁻¹ ano⁻¹, quantidade que corresponde de 1/3 à metade da recomendação anual de N para árvores adultas de citros.

Pesquisas têm demonstrado uma maior correlação no estudo entre as relações dos nutrientes com a produtividade que considerando os teores isolados dos elementos. Koo (1985) afirma que as inter-relações são os fatores predominantes sobre os teores de nutrientes nas folhas. Nesta região, a relação média N/P foi de 20,16, sendo que 76,47% dos pomares apresentaram relação acima de 19 e 17,85, consideradas ideais por Malavolta et al. (1991) e o Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros (1994), respectivamente.

Convém destacar que 76,5% dos pomares amostrados apresentaram relação N/K abaixo do limite de 2,2 proposto por Malavolta et al. (1991) como ideal para atingir uma produção superior a 800 cx ha⁻¹, apresentando valor médio de 1,88, possivelmente em razão dos altos teores de K encontrados em 38,2% dos pomares.

Verifica-se também uma associação negativa entre as concentrações de N e Ca nas folhas uma vez que 61,3% dos pomares com baixo teor de Ca apresentaram altos teores de N. As reduções dos teores foliares de Ca são devidas possivelmente, até certo ponto por um maior crescimento vegetativo e baixa mobilidade do mesmo na planta, diluindo sua concentração nas folhas.

Fósforo

Os teores foliares de P apresentaram-se adequados na faixa de 1,2 - 1,7 g kg⁻¹ em 88,2% dos pomares e baixos em 11,8% na faixa de 0,9 - 1,1 g kg⁻¹ (Tabela 1).

Apesar dos 88,2% dos pomares apresentarem teores foliares de P adequados, no solo a distribuição desses teores em faixas de classificação apresentaram-se abaixo da adequada, para 55,8% e 97,1% dos pomares, nas camadas de 0 - 20 e 20 - 40 cm, respectivamente (Tabela 2), contrastando com os 88,2% dos teores foliares adequados. Com o cruzamento dos mapas temáticos de P no solo (20-40 cm) e P foliar visualizado na Figura 1, pode-se observar que os pomares localizados em áreas com teores de P no solo classificados como muito baixo, baixo e médio, apresentaram teores foliares adequados.

Estes resultados estão de acordo com as afirmações de Malavolta (1983), para o qual a laranja pode produzir satisfatoriamente num solo pobre em P enquanto que uma cultura anual poderia mostrar sintomas de fome, justificando que as altas doses de P usadas nos pomares cítricos estão mais relacionadas com a diminuição na disponibilidade do elemento por fixação e com o pequeno sistema radicular, do que com as exigências da plantas ou a capacidade das raízes para absorver P.

Assim, a fertilização com o elemento P está mais relacionada com a melhoria do crescimento vegetativo que com respostas positivas quanto ao rendimento (Malavolta, 1983; Obreza, 2003; Koo, 1983). Em contradição, Quaggio (1996) afirma que os citros não são menos exigente em P que as culturais anuais, mas sim que as plantas cítricas são mais eficientes na absorção de P no solo devido à extensão do sistema radicular e maior tempo para absorção. Considerando as condições físico-químicas dos solos estudados e a presença da camada coesa encontrada nos Latossolos dos Tabuleiros Costeiros, que é um fator limitante ao desenvolvimento do sistema radicular, acredita-se ser a justificativa dos três autores acima citados a mais aplicada às condições locais.

Potássio

A distribuição em classes de teores mostra na Tabela 1 que 53% dos pomares estão na faixa adequada com os teores variando de 10 a 14 g kg⁻¹ de acordo com os limites estabelecidos por Malavolta & Prates (1994). Além disso, 8,8 e 38,2% dos pomares apresentaram classe de teores baixo e alto, respectivamente.

Os teores de K no solo distribuíram-se na camada de 0 - 20 cm entre as faixas, baixo, médio, bom e muito bom, com percentual de 26,5; 35,3; 23,5 e 14,7%, respectivamente. Já na camada de 20 - 40 cm 88,3% dos pomares apresentaram teores abaixo do adequado com apenas 8,8% em classe de teores considerados bom e 2,9 % muito bom (Tabela 2).

Apesar dos baixos teores de K no solo, na camada de 20 - 40 cm, 53 e 38,2% dos pomares apresentaram teores foliares de K na faixa de adequada e alta, respectivamente. Uma das razões para explicar tal situação deve-se

inicialmente às altas adubações realizadas nos pomares utilizando a fórmula 10-10-10 que, combinada com os baixos teores de Ca e Mg no solo favorecem uma alta absorção de K pelas plantas segundo Malavolta (1980) e Boyer (1985).

Quanto aos baixos teores de K no solo, podem ser justificados pelas perdas por lixiviação comum nos solos tropicais e com alto grau de intemperismo, onde predomina argila do tipo 1:1 e óxidos hidratados de Fe e Al podendo ainda estes óxidos obstruírem as camadas das argilas 2:1 caso elas estejam presentes nestes solos, favorecendo ainda mais a lixiviação. Outra hipótese para explicar tal situação, leva-se em conta que os teores considerados baixo pela tabela de interpretação de fertilidade do solo proposta pela CFSEMG (1999), estejam adequados para suprir as necessidades das plantas cítricas (Figura 2).

Observando a Tabela 1 percebe-se que 91,2% dos pomares encontram-se na faixa adequada a alta para K enquanto que a mesma percentagem de pomares apresentam teores baixos de Ca e 94,1% alto a excessivo para Mg. Nagai et al. (1975) e Embleton et al. (1978) já haviam demonstrado que os aumentos nos teores foliares de K levaram à redução nos teores de Ca. Como também Weir (1969) observou que o K era o nutriente mais fortemente antagonico das bases estudadas, chamando também atenção que este antagonismo foi mais forte entre K e o Ca, do que entre o K e o Mg.

Os valores ótimos para as relações K/Ca e K/Mg nas folhas de citros em estudos realizados no Estado de São Paulo segundo Sanchez (1979), Malavolta et al. (1991) e Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros - GPACC (1994) são: 0,3 e 3,0; 0,24 e 4,2; 0,31 e 3,85, respectivamente. Neste levantamento as relações médias de K/Ca e K/Mg foram 0,49 e 2,82 respectivamente, demonstrando altas concentrações de K, baixa concentração de Ca e elevada concentrações de Mg foliar nestes pomares, uma vez que, os valores da relação K/Ca foi maior e K/Mg a menor de todas as demais citadas.

Enxofre

Os teores foliares de S para 41 e 59% dos pomares apresentaram-se na faixa adequada e alta, respectivamente (Tabela 1).

Na camada de 0-20 cm 47,1% dos pomares encontra-se na classe de teores baixa a muito baixo, 2,9% médios e 50% de bom a muito bom. Já na profundidade de 20-40 cm 85,3% dos pomares estão baixo a muito baixo, 11% médio e apenas 2,9% considerados bons (Tabela 2). Uma possível razão para explicar as baixas concentrações de S encontradas em ambas as camadas, pode ser atribuída aos baixos teores de matéria orgânica encontrados nas duas profundidades nestes solos uma vez que, esta constitui uma das principais fontes fornecedoras de S à planta. Além disso, a região apresenta clima subúmido a úmido e os solos têm grande possibilidade de serem deficientes em S por causa do rápido processo de mineralização da matéria orgânica.

Cálcio

Os teores foliares de Ca apresentaram-se baixos na faixa de 20-34 g kg⁻¹ em 91,2% dos pomares segundo as classes de interpretação para os teores foliares propostas por Malavolta & Prates (1994), com apenas 8,8% adequados (Tabela 1). Entretanto, deve-se ressaltar que pesquisas realizadas em solos arenosos de baixa fertilidade tem obtido produção máxima e nível crítico com teores foliares de Ca no valor de 28,5 e 29,72g kg⁻¹, respectivamente. A discrepância desses dados indica a necessidade de reavaliação da faixa de teores considerados adequados para a cultura na região, uma vez que não existe nenhuma comprovação experimental que o nível de 35 g kg⁻¹ proposto por Malavolta & Prates (1994) seja realmente o mínimo necessário às necessidades metabólicas da planta, ressaltando-se também que não se observou na área de estudo relevantes problemas de deficiência de Ca.

No solo na profundidade de 0 - 20 cm, 73,6% dos pomares apresentaram teores médios (Tabela 2), enquanto que na profundidade de 20-40 cm, 88,3% dos pomares foram classificados como baixos segundo tabela de classificação, percebendo significativa redução dos teores com o aumento da profundidade.

Conforme Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999), o limite superior da classe média correspondente a 24 mmol_c dm⁻³ para o Ca, constante na tabela de interpretação de fertilidade do solo, indica o nível crítico deste elemento no solo, sendo assim 91,2 e 100% dos pomares nas duas profundidades respectivamente, estão com teores de Ca no solo abaixo do nível crítico razão pela qual 91,2% do mesmo apresentaram baixos teores de Ca nas folhas.

Observa-se na Figura 3 que os teores foliares de Ca variaram em função dos teores de K no solo na profundidade de 0 - 20 cm, percebendo que as áreas onde os teores de K foram classificados como bom e muito bom apresentaram menores teores de Ca foliar, enquanto que as áreas que apresentaram teores de K nos solos de baixo a

médio registraram maiores teores de Ca nos pomares.

A relação média Ca/Mg foliar encontrada nos pomares estudados foi de 5,68 bem inferior ao valor 10 proposto por Sanchez (1979) para pomares de São Paulo e 18 encontrado por Malavolta et al. (1991) após avaliar a composição mineral das folhas de laranjeira por um período de 10 anos, em Alfenas - MG. Vale ressaltar que a baixa relação encontrada nos pomares da região se justifica em razão dos baixos teores de Ca e alto a excessivo teores de Mg. Já a relação Ca/Mg no solo apresentou na profundidade de 0 - 20 cm, valor médio correspondente a 2,3, considerada como baixa segundo Guardiola (citado por Vitti et al., 1996) o qual apresenta ainda como normal a relação entre 4 a 6, alta 7 a 10 e muito alta, maior que 10.

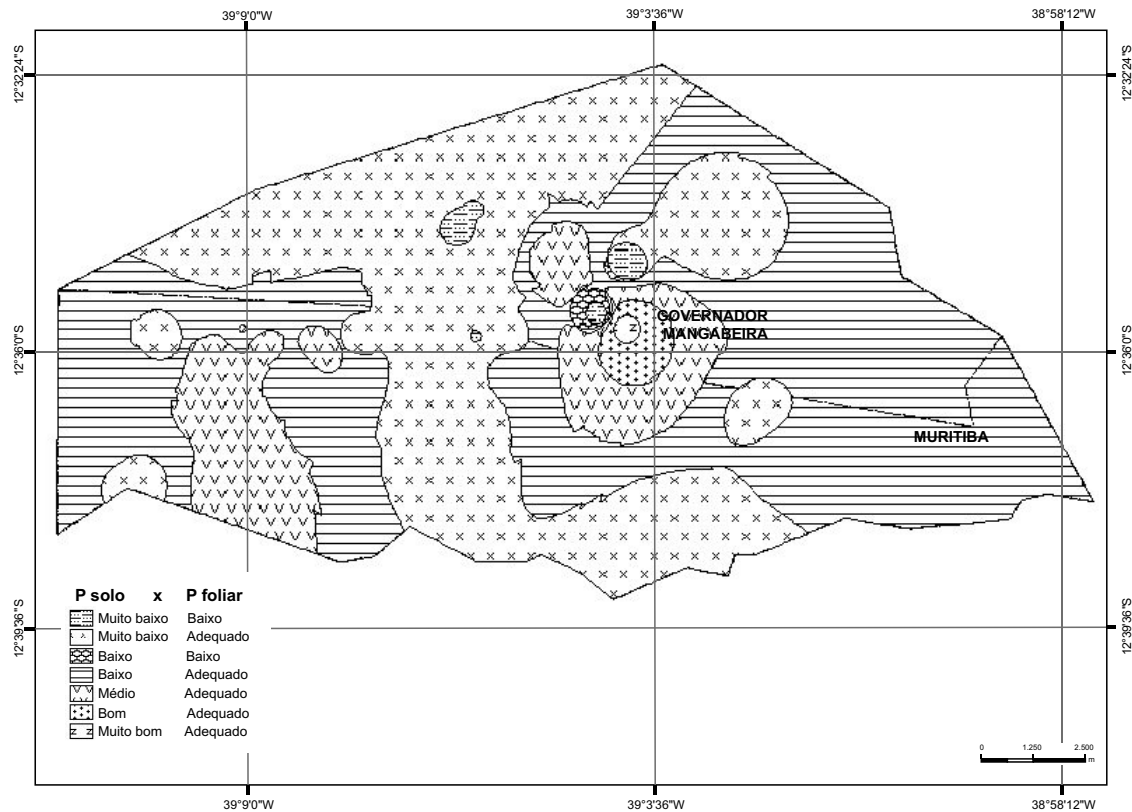


Figura 1. Cruzamento entre os mapas de P no solo na profundidade de 20-40 cm e P foliar, nos pomares amostrados em Muritiba e Governador Mangabeira-BA, 2003.

Magnésio

Dos pomares amostrados, apenas 5,9% apresentaram teores de Mg adequados, na faixa de 2,5 - 3,0 g kg⁻¹, sendo que, 44,1 e 50% dos pomares foram classificados em altos e excessivos, respectivamente (Tabela 1). Apesar dos elevados teores foliares de Mg encontrados na região, convém ressaltar que, de acordo com Baumgartner (1996), não há na literatura indicação de efeitos depressivos do excesso de Mg em condições normais de cultivo, sendo comum no estado de São Paulo teores foliares de Mg acima de 5,0 g kg⁻¹ não relacionando a efeitos prejudiciais na planta. Esta observação torna-se importante pois, na região em estudo, usando os atuais critérios de diagnose foliar, 91,2% dos pomares apresentaram teores foliares baixo de Ca associado a 94,1% dos pomares com teores altos a excessivo de Mg, o que induziria à necessidade do uso de calcário calcítico. Entretanto, devido aos baixos teores de Mg neste solo, torna-se arriscado tal recomendação, sugerindo assim a reavaliação das faixas de teores foliares para esse nutriente.

Uma outra possível razão para explicar os elevados teores de Mg foliar pode estar relacionada com as freqüentes adubações nitrogenadas realizadas na região utilizando as fórmulas 10-10-10, 20-08-20 e torta de mamona pois, segundo Koo (1983), analisando resposta da adubação N e K em citros em quatro experimentos, observou que com o aumento nas doses de N houve elevação dos teores de N e Mg foliar. Esse efeito sinérgico, segundo Malavolta (1980), deve-se à participação do Mg no metabolismo do N, uma vez que o Mg atua na síntese de proteína.

Os teores de Mg nos solos em 17,6; 64,7; 11,8 e 5,9% dos pomares estudados foram classificados como baixo, médio, bom e muito bom, respectivamente, para a profundidade de 0-20 cm, para a profundidade de 20 - 40 cm 2,9; 76,6; 20,6 e 2,9% dos mesmos foram classificados como muito baixo, baixo, médio e muito bom, respectivamente (Tabela 2). Considerando o nível crítico de $9,0 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$ para o teor de Mg no solo, estabelecido por Quaggio (1992) e a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1994) conclui-se que, 82,3 e 97,1% dos pomares amostrados estão com teor de Mg no solo inferior ao nível crítico citado, para as camadas de 0 - 20 e 20 - 40 cm respectivamente, a despeito dos altos e excessivos teores foliares de Mg.

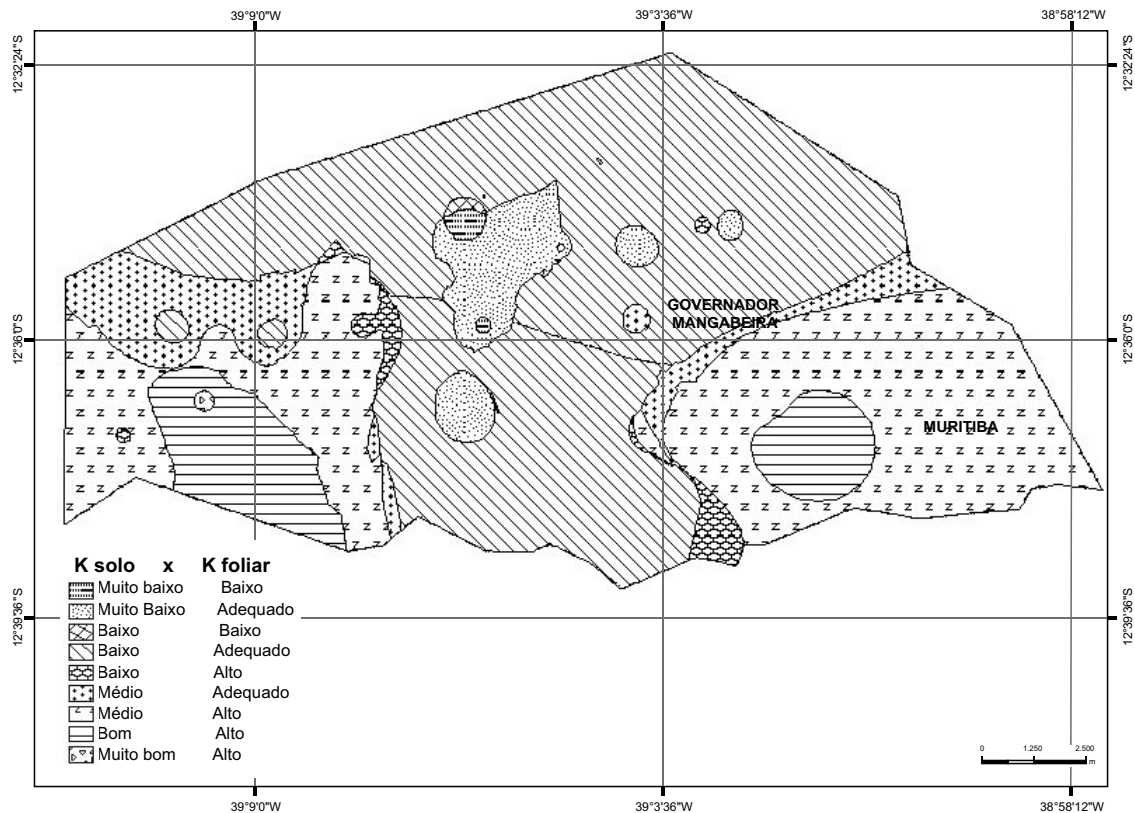


Figura 1. Cruzamento entre os mapas de K no solo na profundidade de 20-40 cm e K foliar, nos pomares amostrados em Muritiba e Governador Mangabeira-BA, 2003.

Cobre

Os teores foliares de Cu apresentaram-se adequados em 94,1% dos pomares e baixo em apenas 5,9% dos mesmos (Tabela 3).

Resultados semelhantes foram encontrados por Coelho & Matos (1991), os quais não observaram teores baixos ou deficientes desse nutriente para os pomares do Estado da Bahia, encontrando 53% dos pomares com teores ótimos e 38,3% e 8,4% em altos e excessivos, respectivamente.

Pela Tabela 4 observa-se que os solos de 88,3% dos pomares amostrados exibem teores médios para a profundidade de 0 - 20 cm, enquanto que na profundidade de 20 - 40 cm, apresentam proporcionalmente teores baixos e médios. Esta diminuição de disponibilidade do Cu na camada de 20 - 40 cm pode ser explicada, segundo Karim et al. (1976), pela baixa mobilidade deste elemento no solo favorecendo seu acúmulo na superfície; também Valadares (1975) constatou essa diferença encontrando alta correlação entre o teor de Cu e de argila em alguns perfis.

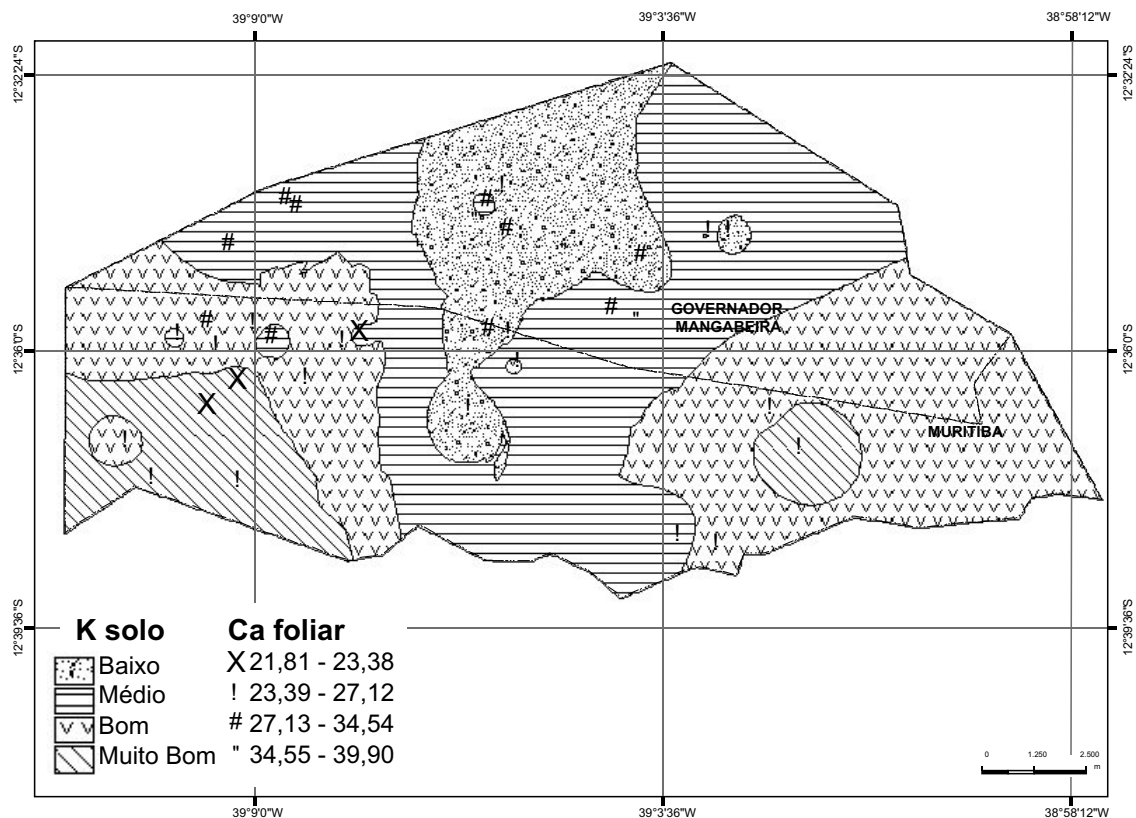


Figura 3. Distribuição em classes dos teores de K no solo na profundidade de 0-20 cm e Ca foliar (g kg^{-1}) nos pomares amostrados em Muritiba e Governador Mangabeira-BA, 2003.

Tabela 3. Frequência de amostras observadas por classe de teores foliares de micronutrientes em pomares de laranja 'Pêra', nos municípios de Muritiba e Governador Mangabeira-BA, 2003.

Nutrientes	Classe de teores				
	Deficiente	Baixo	Adequado	Alto	Excessivo
 %				
Cu	0	5,9	94,1	0	0
Fe	2,9	91,2	5,9	0	0
Mn	64,7	26,5	8,8	0	0
Zn	64,7	35,3	0	0	0

Ferro

Percebe-se na Tabela 3 que 91,2% dos pomares apresentaram teores baixos de Fe e apenas 2,9 e 5,9% foram classificados como deficientes e adequados, respectivamente, segundo Malavolta & Prates (1994). Considerando a classificação do GPACC (1994), a distribuição dos pomares em classe de suficiência mudaria, atingindo 82,4% como adequado, apenas 2,9% baixo e 14,7%, alto. Estes resultados não estão de acordo com os encontrados por Coelho & Matos (1991) em levantamento de pomares cítricos na Bahia, que classificaram 86,6% dos pomares como altos. Estas discordâncias possivelmente podem ser explicadas em razão do uso de diferentes tabelas de interpretação uma vez que, Coelho & Matos (1991) classificaram segundo Rodriguez (1979), sendo necessário portanto, reavaliar tais tabelas.

Observa-se na Tabela 4 que os teores de Fe no solo apresentaram-se altos em 100% dos pomares nas duas profundidades, o que é uma característica dos Latossolos onde predominam sesquióxidos de Fe e Al e principalmente as argilas do tipo 1:1 (caulinita), no entanto, a classificação encontrada na Tabela 3, mostra que 91,2% dos pomares

apresentaram baixos teores foliares de Fe. Além disso, não se observou nenhum sintoma de deficiência visual de Fe nos pomares. Tal constatação reforça o que foi exposto acima quanto à necessidade de rever as faixas de classificação dos teores foliares de Fe para citros.

Manganês

A distribuição dos pomares em classes de teores foliares, Tabela 3, apresentou 64,7%; 26,5% e 8,8% na faixa de deficiente, baixo e adequado, respectivamente. Contrastando com os resultados encontrados neste trabalho, Coelho & Matos (1991) relataram teor médio de 30,5 mg kg⁻¹ e 6,7%; 16,7% e 76,6% dos pomares foram classificados como deficiente, baixo e ótimo, respectivamente. Percebe-se com isto que os 64,7% dos pomares cítrico do Recôncavo Baiano foram classificados como deficiente enquanto que, 76,6% dos pomares do levantamento do Estado foram considerados na faixa de ótimo.

Visualiza-se na Tabela 4, que os teores de Mn na profundidade de 0-20 cm dos solos de 94,1% dos pomares foram classificados como médio, enquanto que para a profundidade de 20-40 cm, 67,6% e 32,4% encontram-se na classe de teores baixo e médio, respectivamente. Considerando que o solo da região em estudo apresenta acidez efetiva alta a muito alta, o que favoreceria a alta disponibilidade de Mn no solo, a razão para os baixos teores encontrados é, possivelmente, a pobreza natural destes solos, originados predominantemente de rochas ácidas, o que explica os 64,7% dos pomares deficientes.

Segundo Raij et al. (1997), o nível crítico de Mn no solo, apresentado na tabela de interpretação dos teores, seria o limite superior da classe média correspondente a 5 mg dm⁻³, estando portanto, os teores médios (2,94 mg dm⁻³ e 1,27 mg dm⁻³) apresentados em ambas as profundidades nos pomares da região, muito abaixo do nível crítico sugerido pela referida Tabela.

Observa-se na Figura 4, relação antagonica entre os teores de Mn no solo e Mg foliar onde dos 94,1% dos pomares com teores foliares de Mg alto a excessivo, 78,12% estão localizados em área com baixos teores de Mn no solo. Esta relação antagonica é comumente encontrada na literatura considerando altas concentrações de Mn que, segundo Mass et al. (1969), pode diminuir a absorção de Mg principalmente em solos ácidos e com baixo teor de Ca. Entretanto, este antagonismo se fez presente considerando baixa concentração de Mn no solo e alta concentração de Mg nas folhas. A similaridade existente entre esses dois íons deve-se possivelmente por apresentarem valências iguais, raio iônico e grau de hidratação semelhantes, daí a possibilidade da absorção de Mg ter sido favorecida pela baixa concentração de Mn e também pela baixa concentração de Ca.

Tabela 4. Frequência de amostras observadas por classe de teores de micronutrientes no solo, nas duas profundidades, em pomares de laranja 'Pêra' nos municípios de Muritiba e Governador Mangabeira-BA, 2003.

Parâmetros químicos	Profundidade	Classe de teores		
		Baixo	Médio	Alto
 cm %		
Cu	0 – 20	8,8	88,3	2,9
	20 – 40	50,0	50,0	0
Fe	0 – 20	0	0	100
	20 – 40	0	0	100
Mn	0 – 20	0	94,1	5,9
	20 – 40	67,6	32,4	0
Zn	0 – 20	8,8	32,4	58,8
	20 – 40	61,8	29,4	8,8

Zinco

Observando a Tabela 3 percebe-se que 64,7% e 35,3% dos pomares foram classificados como deficiente e baixo respectivamente.

Pela Tabela 4, percebe-se que 8,8%; 32,4% e 58,8% dos pomares estão classificados como baixo, médio e alto nas classes de teores de Zn para as camadas de 0-20 cm. Enquanto que, para a profundidade de 20-40 cm observou-se uma distribuição de 61,8%; 29,4% e 8,8% como baixo, médio e alto, respectivamente.

Vale ressaltar, que apesar dos teores de Zn no solo na camada de 0-20 cm apresentarem 91,2% dos pomares classificados como nível médio a alto, os teores na folha permitiram classificar os pomares em, 64,7% deficiente e 35,3% em nível baixo, não correlacionando com os teores no solo para a profundidade de 0-20 cm. Entretanto, na profundidade de 20-40 cm 61,8% foram classificados como baixo, mostrando com isto maior relação com os teores foliares.

Uma outra possível razão para explicar a deficiência e os baixos teores de Zn nos pomares em estudo pode ser a sua capacidade de adsorção no solo, uma vez que, a adsorção é um fator importante no controle da concentração do elemento na solução do solo; como no solo em estudo predomina óxido de Fe e Al a capacidade de adsorção é alta diminuindo sua disponibilidade. Aliado a esses fatores soma-se ainda a capacidade diferenciada na absorção de Zn pelas plantas, que segundo Malavolta (1980) os citros está classificado como pouco eficiente.

Os resultados encontrados fornecem um diagnóstico da citricultura regional, constituindo uma base para elaboração de programas que possibilitem, com a experimentação local, a definição de curvas de calibração de análise de solo para calagem e adubação com macro e micronutrientes, melhorar os tratos culturais e manejar adequadamente os solos, contribuindo com isto para o aumento da produtividade, tendo como consequência imediata a revitalização da cultura na região.

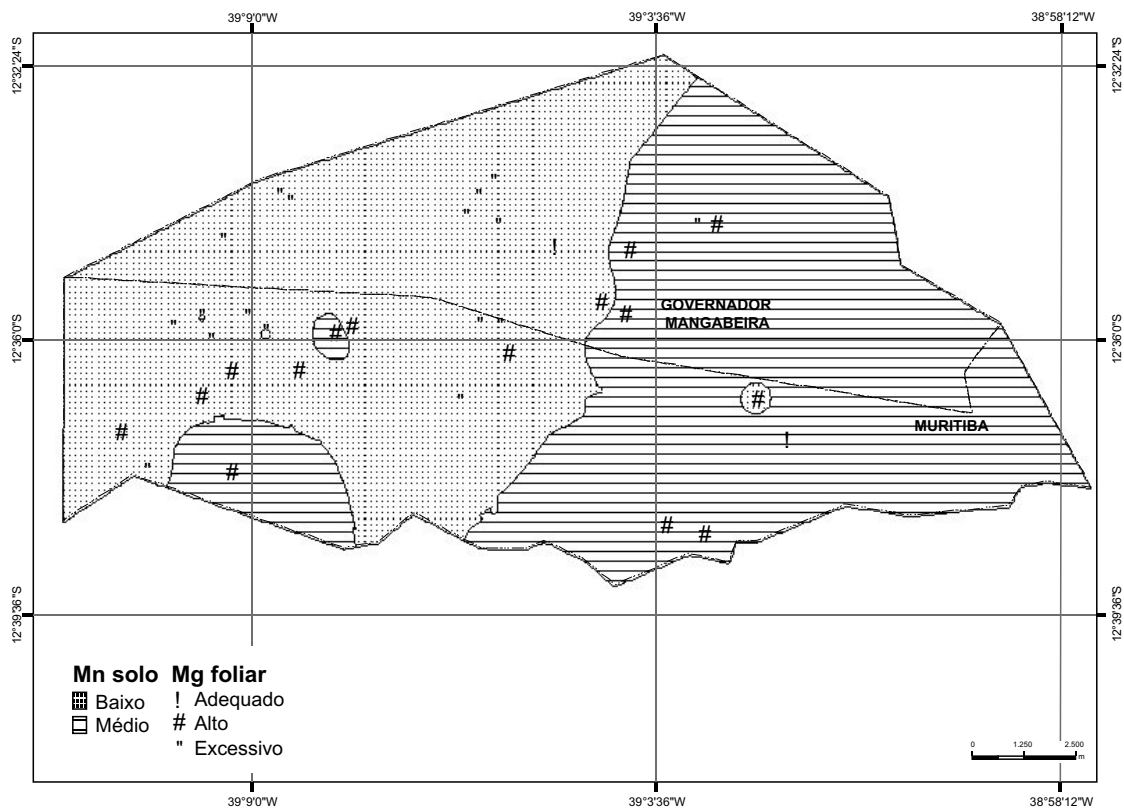


Figura 4. Distribuição em classes dos teores de Mn na profundidade de 20-40 e Mg foliar nos pomares amostrados em Muritiba e Governador Mangabeira-BA, 2003.

REFERÊNCIAS

- BAUMGARTNER, J. G. Diagnose foliar na citricultura brasileira. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, 4., 1996, Bebedouro. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1996. p. 61-76.
- BOYER, J. L. **Dinâmica dos elementos químicos e fertilidade dos solos**. Salvador: Instituto de Geociências da UFBA, 1985. 311p.
- COELHO, Y. S.; MATOS, C. R. R. Levantamento nutricional dos pomares cítricos na Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 335-340, mar. 1991.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, 1999. 359 p.
- DOU, H.; ALVA, A.K.; KHAKURAL, B. R. Nitrogen mineralization from citrus trees residues under different production conditions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 1226-1232, 1997.
- EMBLETON, T. W. et al. Effects of fertilization of citrus on fruit quality and ground water nitrate-pollution potencial. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 1978, Sidney. **Proceedings**. Sidney: International Society of Citriculture, 1978. p. 280-285.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS -FAO. **Frutos cítricos, frescos y elaborados, estadísticas anuales**. 2003. Disponível em: <http://www.fao.org> Acesso em: 16 abr. 2004.
- GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS - GPACC. **Recomendações de adubação e calagem para citros no Estado de São Paulo**. 3 ed. **Laranja**, Cordeirópolis, Edição Especial, 1994. 27 p.
- KARIM, H.; SEDBERRY Jr., J. E.; MILLER, B. J. The profile distribution of total and DTPA-extractable copper in selected soils in Louisiana. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.7, p.437-452, 1976.
- KOO, R. C. J. Nutrição e adubação dos citros. In: YAMADA, T. (ed.). **Nutrição mineral e adubação de citros**. 4. ed. Piracicaba: Instituto da Potassa, 1983. p. 99- 122.
- KOO, R. C. J. Potassium nutrition of citrus. In: MUNSON, R. D. (ed.). **Potassium in agriculture**. Madison: SSSA, 1985. p. 1077-1086.
- LEGAZ, F.; SERNA, M. D.; PRIMO-MILLO, E. Mobilization of the reserve N in citrus. **Plant and Soil**, v.173, p.205-210, 1995.
- MALAVOLTA, E.; PRATES, H. S. Seja doutor de seu citros. Piracicaba, **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 65 mar. 1994. 16 p. (Arquivo Agrônomico. 4).
- MALAVOLTA, E.; CASALE, H.; PICCIN, C. Nota sobre a interpretação dos teores de macro e micronutrientes nas folhas de diversas variedades de laranja. **Laranja**, Cordeirópolis, v.12, n.2, p.345-356, 1991.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação dos citros. In: YAMADA, T. (ed.). **Nutrição mineral e adubação citros**. 4. ed. Piracicaba: Institutos da Potassa, 1983. p. 13-71.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agrônômica Ceres, 1980. 251p.

MASS, E. V.; MOORE, D. F.; MASON, J. M. Influence of calcium and magnesium on manganese absorption. **Plant Physiology**, v. 44, p. 796-800, 1969.

NAGAI, V.; IGUE, T.; HIROCE, R. Estudo comparativo das relações entre nutrientes dosados em folhas de café, citros e milho. **Bragantia**: Boletim científico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, Campinas, n.34, p. 23-27, 1975.

OBREZA, T. A. Managing phosphorus fertilization of citrus using soil testing. Disponível em: http://www.edis.ifas.ufl.edu/body_ss332 Acesso em 04 jun. 2003.

OBREZA, T. A. Adubação de plantas cítricas na Flórida, EUA Uma visão Geral. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, 4., 1996, Bebedouro. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1996. p. 27-39.

QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; RAIJ B van. Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a base for citrus fertilization. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 52, p. 67-74, 1998.

QUAGGIO, J. A. Conceitos modernos sobre calagem e adubação para citros no Estado de São Paulo. **Laranja**, v. 13, p. 457-488, 1992.

QUAGGIO, J. A. Análise de solo para citros: métodos e critérios para interpretação de resultados. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, 4., 1996, Bebedouro. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1996. p. 95-113.

RAIJ, B. van. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico 100).

RODRIGUEZ, O. Adubação dos citros: situação dos pomares paulistas. In: YAMADA, T. (ed.). **Nutrição mineral e adubação dos citros**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1979 p. 73-87 (Boletim técnico, 5).

RODRIGUEZ, O. Produtividade de citros. In: DONADIO, L. C. (Coord.). **Produtividade de citros**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 1988. p. 15-21.

SANCHEZ, A. C. Adubação de pomar cítrico de grande porte. In: MOREIRA, C. S. **Nutrição mineral e adubação de citros**. Piracicaba: Instituto da Potassa, 1979. p. 89-97. (Boletim técnico, 5).

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Informações Municipais**. 2000. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br> Acesso em 16 abr. 2004

VALADARES, J. M. A. S. Cobre em solos do estado de São Paulo. I Cobre total. **Bragantia**: boletim científico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, Campinas, v. 34, p.125-132, 1975.

VITTI, G. C. et al. Técnicas de utilização de calcário e gesso na cultura dos citros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, 4., 1996, Bebedouro. **Anais...** Campinas, Fundação Cargill, 1996. p. 131-160.

WEIR, C.C. Nutrient element balance in citrus nutrition. **Plant and Soil**, Haren, v. 30, p. 405-414, 1969.

CAPÍTULO 15

VARIABILIDADE ESPACIAL DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SOLO: CONCEITOS E BASES PARA AVALIAÇÃO

José Fernandes de Melo Filho & Paulo Leonel Libardi

VARIABILIDADE ESPACIAL DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SOLO: CONCEITOS E BASES PARA AVALIAÇÃO

José Fernandes de Melo Filho¹; Paulo Leonel Libardi²

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: jfmelo@ufrb.edu.br.

² Professor - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP. Bolsista do CNPq. E-mail: pllibard@esalq.usp.br

CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DA ÁGUA NO SOLO

A condutividade hidráulica do solo foi definida, empiricamente, por Henry Darcy em 1856, como a constante de proporcionalidade (K) das relações matemáticas resultantes de seus experimentos de movimento vertical de água em colunas de areia, completamente saturadas, para a filtragem e purificação de água para abastecimento urbano da cidade de Dijon, na França. Atualmente é um dos principais parâmetros utilizados para estudos agrícolas e do ambiente que envolvem o fluxo de água no solo, tais como, planejamento de sistemas de irrigação e drenagem, rebaixamento de lençol freático, movimento de água no interior do perfil do solo, nutrição de plantas, controle de erosão e poluição da água (Jones & Wagenet, 1984; Freeze, 1994; Filizola et al., 1997; Queiroz et al., 1997; Jong van Lier & Libardi, 1999; Libardi, 2000; Radcliffe & Rasmussen, 2000).

A equação de Darcy, considerando a notação vetorial, pode ser escrita, segundo Libardi (2000): para um meio poroso isotrópico com relação a K , como;

$$\vec{q} = K \overrightarrow{grad} \phi_t \quad (1)$$

em que \vec{q} é o vetor densidade de fluxo para qualquer direção no espaço e $\overrightarrow{grad} \phi_t$ o vetor gradiente de potencial total ϕ_t de mesma direção mas sentido oposto ao do vetor \vec{q} .

Em consequência das condições experimentais de seu trabalho, a equação de Darcy foi desenvolvida e aplicada para quantificar o movimento de um líquido em condições de saturação, tanto é que na equação (1), $\phi_t = \phi_g + \phi_p$, sendo ϕ_g o potencial gravitacional e ϕ_p o potencial de pressão. No entanto, a condição mais comum no meio poroso de nosso interesse, o solo, é a não saturação. Atento a esta realidade, Buckingham (1907) teorizou a quantificação do movimento da solução no solo não saturado e a equação, também atualizada (Libardi 2000), proposta por Buckingham, tem a seguinte forma:

$$\vec{q} = K(\phi) \overrightarrow{grad} \phi_m \quad (2)$$

sendo \vec{q} a densidade de fluxo da solução; $K(\phi)$ a função condutividade hidráulica; $\phi_m(\phi)$ a função potencial mátrico e ϕ a umidade volumétrica do solo.

A equação de Buckingham (1907) apresenta a limitação de ser válida apenas para o movimento da solução no solo na direção horizontal. Foi Richards (1928) quem definiu um potencial total, ϕ_t , como a soma do potencial mátrico ϕ_m ("potencial capilar" de Buckingham) e o potencial gravitacional ϕ_g , reescrevendo a equação do movimento da solução no solo como:

$$\vec{q} = K(\phi) \overrightarrow{grad} \phi_t \quad (3)$$

a qual é denominada atualmente de equação de Darcy-Buckingham.

A função condutividade hidráulica do solo, $K(\phi)$, é, conforme Libardi (2000), com base na equação (3), numericamente, igual ao volume de água ou solução que atravessa, numa unidade de tempo, uma unidade de área de uma amostra de uma unidade de comprimento de um meio poroso (solo) sob uma diferença unitária de potencial total. Em outras palavras, a constante K é um índice que expressa a facilidade com que um meio poroso transporta a água através dos seus poros.

Quando se substitui a equação de Darcy-Buckingham (3) na equação da continuidade (4),

$$\frac{\partial}{\partial t} \text{div } \vec{q}, \quad (4)$$

gera-se a equação diferencial geral que rege o movimento da solução em solos isotrópicos com relação a $K(z)$ e conhecida pelo nome de equação de Richards, cuja expressão para o fluxo na direção vertical (Libardi, 2000) é:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K \frac{\partial \psi}{\partial z} \right) \quad (5)$$

sendo θ a umidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), t o tempo (horas) e z a coordenada vertical de posição (metros).

Quantificação da condutividade hidráulica

A determinação da condutividade hidráulica do solo pode ser feita por métodos de laboratório e de campo. No laboratório é possível atingir um grau de precisão e refinamento muito superior ao campo, devido ao elevado grau de controle das condições experimentais. Por outro lado, nas condições de campo, não obstante o grau de complexidade, as medidas são feitas em condições naturais e com perturbação mínima do solo. Existem também os métodos indiretos que tentam quantificar a condutividade hidráulica a partir de outras propriedades do meio poroso cuja determinação seja mais fácil. De forma geral, podem-se citar os seguintes métodos para determinação da condutividade hidráulica dos solos: permeâmetro de carga constante; permeâmetro de carga decrescente; método das colunas grandes; método das colunas pequenas; método das condições transientes; infiltrômetro de tensão; método do furo do trado e método do perfil instantâneo. A escolha do método depende de alguns fatores como disponibilidade de equipamentos, natureza do solo, tipo de amostra disponível, experiência e conhecimento do pesquisador, faixa de tensão a ser estudada e objetivo das determinações (Richards & Weeks, 1953; Gardner, 1956; Ogata & Richards, 1957; Gardner & Miklich, 1962; Childs, 1969; Hillel et al., 1972; Klute, 1972; Reichardt et al., 1975; Libardi et al., 1980; Van Genuchten, 1980; Jones & Wagenet, 1984; Amoozegar & Warrick, 1986; Green et al., 1986; Klute & Dirksen, 1986; Shouse et al., 1992; Prevedello, 1996; Radcliffe & Rasmussen, 2000; Libardi, 2000).

Dentre os métodos de campo, o mais utilizado é o método do perfil instantâneo. É um método que foi inicialmente desenvolvido e testado para condições de laboratório em estudos de drenagem em colunas homogêneas de solo. Posteriormente foi aperfeiçoado por contribuições de vários autores, sendo também aplicável para determinar a condutividade hidráulica de solos não saturados *in situ*, mesmo para perfis heterogêneos, desde que o lençol freático seja ausente ou esteja bem profundo. É um método prático que não necessita de equipamentos sofisticados para sua aplicação, que tem como principal dificuldade a exigência de uma delimitação bem apurada da parcela experimental a fim de que não haja movimento lateral de água.

Richards e Weeks (1953) foram, provavelmente, os primeiros pesquisadores a utilizarem a técnica do perfil instantâneo em experimentos de laboratório com utilização de colunas de solo e Richards et al. (1956) em condições de campo. Um novo aperfeiçoamento ao método, qual seja a eliminação do fluxo na superfície do solo com a colocação de uma lona plástica, foi determinado por Ogata e Richards (1957), enquanto que Watson (1966) melhorou a técnica para obtenção dos dados tornando o método mais preciso.

Para aplicação do método do perfil instantâneo, uma parcela deve ser delimitada no campo e inundada até a saturação. Esta área, suficientemente grande para que os processos em seu centro não sejam afetados pelos seus limites, deve ser convenientemente instrumentada para medida da umidade do solo e do potencial mátrico a diversas profundidades do perfil. Atingida a condição de saturação, interrompe-se a infiltração e cobre-se a superfície do solo com uma lona plástica para evitar a evaporação e a entrada de água através da superfície. A água contida no perfil redistribui-se pelo processo de drenagem interna e, à medida que este ocorre, medidas periódicas de umidade e de potencial mátrico são feitas (Green et al., 1986; Libardi, 2000). Também assume-se que as condições internas sejam isotérmicas durante o processo.

Com este procedimento experimental, procura-se uma solução para a equação de Richards (1928) na direção vertical (equação 5), isto é, integrando-se esta equação com relação à profundidade Z , entre os limites $Z = 0$ e $Z = Z$ com as seguintes condições de contorno:

$$Z = 0; t = 0; K \frac{\partial \psi}{\partial z} = 0$$

$$Z = Z; t > 0; K \frac{\partial \psi}{\partial z} > 0$$

obtem-se:

$$\int_0^z \frac{dZ}{t} = K \left(\frac{t}{z} \right) \Big|_z \quad (6)$$

ou, rearranjando

$$K \left(\frac{t}{z} \right) \Big|_z = \frac{\int_0^z \frac{dZ}{t}}{\frac{t}{z} \Big|_z} = \frac{\int_0^z \frac{h_z}{t} \Big|_z}{\frac{t}{z} \Big|_z} \quad (7)$$

sendo h_z ($m^3 m^{-2}$) a armazenagem de água no solo entre a superfície ($Z = 0$) e a profundidade Z . Por meio de medidas simultâneas de umidade e de potencial total ao longo do perfil de solo durante a redistribuição da água, determina-se a variação de armazenagem h_z com o tempo t e o gradiente de ψ ao longo de Z que aparecem na equação (7) e, então, o valor de $K \left(\frac{t}{z} \right)$.

Para a medida da umidade, com o tempo, ao longo do perfil é recomendável a utilização de equipamentos não destrutivos, como por exemplo, a sonda de nêutrons (Greacen, 1981) e o TDR (Smith & Mullins, 1991). Igualmente o mesmo deve ser considerado para determinação do potencial total, soma dos potenciais mátrico e gravitacional. Nesse sentido, o tensiômetro é um equipamento consagrado de medida da tensão ou potencial mátrico da água no solo, sob condições de campo (Or & Wraith, 2000) e, muito embora tentativas tenham sido feitas para automatizá-lo, o tipo tradicional com manômetro de mercúrio ainda é o mais adequado e utilizado para estudos da função $K \left(\frac{t}{z} \right)$.

Normalmente, os valores de $K \left(\frac{t}{z} \right)$ apresentam uma relação exponencial com a umidade (Hillel et al., 1972; Libardi, 2000), isto é, um gráfico de $\ln K$ em função de θ dá uma linha reta:

$$\ln K = \ln K_0 + \alpha \theta \quad (8)$$

sendo α o coeficiente angular da reta e $\ln K_0$ seu coeficiente linear, ou seja, o valor de $\ln K$ para $\theta = 0$. Para o tempo zero de redistribuição, a equação (8) transforma-se, evidentemente, em

$$\ln K_0 = \ln K_0 + \alpha \theta_0 \quad (9)$$

Subtraindo a equação (9) da equação (8) tem-se:

$$\ln K - \ln K_0 = \alpha (\theta - \theta_0) \quad (10)$$

ou

$$\ln \frac{K}{K_0} = \alpha (\theta - \theta_0) \quad (11)$$

pelo que

$$\frac{K}{K_0} = e^{\alpha (\theta - \theta_0)} \quad (12)$$

e, portanto,

$$K = K_0 e^{\alpha (\theta - \theta_0)} \quad (13)$$

sendo, como já esclarecido, α o coeficiente angular da reta $\ln K$ em função de θ e θ_0 e K_0 a umidade e a condutividade hidráulica, respectivamente, para o tempo zero de redistribuição da água.

Hillel et al. (1972) simplificaram bastante esta metodologia. Estes autores sugerem um roteiro simples para a determinação da função $K \left(\frac{t}{z} \right)$ com base na elaboração de duas tabelas. A primeira para determinação da densidade de fluxo de água no solo nas diversas profundidades e para diversos tempos a partir da integral da equação (7) com relação a profundidade do solo, aproximada para um somatório $\sum \frac{h_z}{t}$ medida graficamente em pontos particulares no tempo em curvas de ψ em função de t . A segunda tabela, para cálculo da condutividade hidráulica em cada profundidade e para diferentes umidades, dividindo-se os fluxos q da primeira tabela pelos gradientes de potencial também obtidos graficamente a partir dos perfis de potencial total para os diversos tempos (Libardi, 2000).

Uma alternativa na técnica do perfil instantâneo é a de se considerar o gradiente de potencial total como unitário. Com esta proposição Libardi et al. (1980) simplificaram mais ainda o procedimento para se determinar a função $K(\theta)$ a partir de medidas de umidade apenas durante o processo de redistribuição. Por esta razão esta é uma das proposições mais utilizadas nos estudos relacionados com a condutividade hidráulica.

Variabilidade espacial do solo

O solo é um corpo natural e complexo, resultante da interação dos seus fatores de formação (material de origem, clima, organismos, relevo e tempo) que o torna um sistema dinâmico e variável, fundamental para a sustentação das diversas formas de vida no planeta. Os processos de formação determinam, portanto, as características químicas, físicas e biológicas do solo, conferindo-lhe variabilidade espacial elevada. Esta heterogeneidade natural, reconhecida desde o início do século vinte, é também acentuada pelas técnicas de manejo do solo decorrentes de seu uso agrícola (Alvarenga & Sousa, 1995; Souza, 1992; Mata, 1997; Souza et al., 1997a; Alvarenga & Davide, 1999; Borges et al., 1999; Oliveira et al., 1999).

Dentre as propriedades do solo, seguramente, a condutividade hidráulica está entre aquelas que apresentam maior índice de variabilidade. Na medida em que ocorre no espaço livre do solo, a condutividade hidráulica é influenciada por todas as propriedades que afetam a distribuição, o tamanho e a forma dos poros. Assim, propriedades do solo como a textura, a estrutura, a densidade, a qualidade das argilas e a matéria orgânica exercem influência sobre a condutividade hidráulica. Outro fator importante que afeta a condutividade hidráulica é a umidade do solo (θ), estando implícito nesta relação que $K(\theta)$ é função direta de θ e apresenta, normalmente, a forma exponencial da equação (13) para valores de θ não muito baixos (Buckingham, 1907; Gardner, 1958; Hillel et al., 1972; Libardi et al., 1980; Libardi, 2000).

De acordo com Falleiros et al. (1998) a relação entre K e θ é tão sensível que alterações muito pequenas, da ordem de 1 a 2%, nos teores de água podem gerar coeficientes de variação superiores a 170% no valor da condutividade hidráulica do solo não saturado.

Bouma et al. (1989) sugerem efeitos do processo de gênese na heterogeneidade e conseqüente variabilidade dos parâmetros hídricos do solo. Para estes autores, o processo de desenvolvimento do perfil influencia no padrão de porosidade, afetando a condutividade hidráulica do solo saturado. Baseando-se no exame de amostras micromorfológicas, eles concluíram que o desenvolvimento de microestrutura massiva resulta em baixos valores de K_s , ao passo que quando o processo resulta em poros de grãos simples e fissurais ocorre exatamente o contrário.

Outros fatores como sistemas de uso, manejo e erosão, que interferem nas propriedades físicas do solo, também afetam as suas propriedades hídricas e, conseqüentemente, a condutividade hidráulica. Nestes casos, geralmente ocorre um aumento na densidade do solo e redução da porosidade total, da infiltração e da condutividade hidráulica em relação à condição natural (Centurion & Demattê, 1985; Corrêa, 1985; Silva et al., 1986; Comegna et al., 2000).

Utilizando amostras compactadas artificialmente, Silva et al. (1986) verificaram a influência do aumento da densidade nas propriedades físicas de dois Latossolos. Em ambos os casos verificaram que a compactação alterou a porosidade e a condutividade hidráulica do solo saturado. Quanto ao tamanho dos poros, observaram que o aumento da densidade elevou a percentagem de microporos com conseqüente redução dos macroporos. Quanto à condutividade hidráulica, observaram uma acentuada queda nos valores, certamente relacionada com a diminuição do espaço poroso que foi constatada.

Carvalho et al. (1995) determinaram a condutividade hidráulica de um Latossolo Roxo distrófico (Latossolo Vermelho (EMBRAPA (1999)) pelo método do perfil instantâneo. Eles concluíram que a função $K = K(\theta)$ possui uma clara tendência de aumentar com a profundidade em conseqüência do efeito do preparo periódico. De outra forma, Dechen & Vieira (1997) apresentam resultados diferentes das conclusões de Carvalho et al. (1995), quando analisam o impacto de erosão induzida, pela remoção da camada superficial, em atributos físicos e químicos do solo. Neste caso, eles concluíram que há um decréscimo significativo na condutividade hidráulica do solo saturado com a profundidade e atribuem este fato à estratificação dos horizontes, diminuição do teor de matéria orgânica e alterações da estrutura do solo.

Silva (1988), estudando a variabilidade espacial de alguns atributos físicos de um Latossolo Roxo, concluiu, tendo como base teórica a estatística clássica, que propriedades do solo como areia, argila, densidade do solo e porosidade, apresentaram pequeno coeficiente de variação. Porém, o autor faz uma importante consideração quando afirma que para os parâmetros físicos do solo influenciados pelas alterações na estrutura a sensibilidade é muito grande. Desta forma, pequenas alterações em propriedades como a densidade do solo, podem acarretar grandes

modificações em parâmetros que dela dependam, tipo distribuição de poros e retenção e movimentação de água, aqui entendida como condutividade hidráulica.

Flühler et al. (1976) incluem como fatores de variação da condutividade hidráulica do solo não saturado, os erros decorrentes e associados aos métodos experimentais (erros de leitura, experimentais, sistemáticos, calibração e equipamentos). Estudando a propagação desses erros na determinação da condutividade hidráulica pelo método do perfil instantâneo, estes autores informam que na faixa úmida os mesmos são responsáveis por 20 a 30% da variação dos valores de K . Informam também que os erros originados da leitura dos tensiômetros são mais importantes que outros e ocorrem no início do processo de drenagem, quando o gradiente hidráulico é menor que $0,3 \text{ mbar cm}^{-1}$, enquanto que os erros de medida da umidade são dominantes durante o processo de secagem do solo, quando a drenagem é muito lenta.

De forma semelhante, Maheshwari (1997) constatou diferenças entre valores de K_0 em estudo de comparação das inter-relações entre parâmetros físicos e hidráulicos do solo. Seus resultados mostram que as determinações de laboratório podem superestimar os valores de K_0 , introduzindo erros, em relação a medidas de campo, devido a alterações nas amostras e ocorrência de fluxo preferencial durante o processo de medida. O autor sugere, então, que medidas de laboratório não podem ser usadas como estimativa de valores de campo para o parâmetro condutividade hidráulica do solo saturado, K_0 . As conclusões de Maheshwari (1997) são confirmadas por Banton (1993). Este autor comparou valores de K_0 , determinados por métodos de laboratório e campo, examinando seus efeitos na estimativa da média, da variância e na distribuição deste parâmetro hídrico para um mesmo solo. Neste caso, as características estatísticas diferiram significativamente e não houve correlação entre os resultados de campo e laboratório, cuja magnitude de variação foi dez vezes maior do que no método de campo.

Prevedello et al. (1994) analisaram a magnitude dos erros envolvidos no cálculo da condutividade hidráulica em função da umidade, quando se adota o uso de simplificações metodológicas como o gradiente de potencial total unitário. Neste caso, observou-se que os erros na condutividade hidráulica são crescentes com a diminuição da umidade e podem subestimá-la em valores compreendidos entre 12 até 73%. Porém, de acordo com Libardi (1978), tendo em vista o fenômeno da variabilidade espacial, o uso de simplificações para o cálculo da função $K(\theta)$, sob condições de campo, pode ser vantajoso, pois permite a substituição de métodos mais precisos por outros mais simples e que possibilitem a obtenção de um maior número de medidas.

Importante registrar também, que o método de determinação pode ser fator de variação da condutividade hidráulica para um mesmo solo, podendo tanto subestimar quanto superestimar os valores da função $K(\theta)$ (Bacchi & Reichardt, 1988; Comegna et al., 1996) mesmo quando a variabilidade é simplificada em função da aplicação de técnicas e conceitos como o "scaling" (Mallants et al. 1997).

Neste sentido, Reynolds & Zebchuk (1996) realizaram um experimento com os objetivos de: a) comparar um grande número de medidas de condutividade hidráulica calculada pelos métodos do permeâmetro de Guelph e furo de trado; b) caracterizar a distribuição das medidas de K_0 e sua relação com a variabilidade espacial da textura, umidade volumétrica antecedente, conteúdo de matéria orgânica e superfície topográfica de um solo de textura argilosa. Os métodos resultaram em estimativas equivalentes para K_0 . Os resultados destes autores sugerem também que, o alcance, a magnitude e a estrutura da variabilidade da condutividade hidráulica do solo saturado foram controlados, primariamente, pelo grau de desenvolvimento e estabilidade da estrutura do solo no campo, em relação à textura, conteúdo de matéria orgânica e superfície topográfica.

Associados aos métodos, os diversos procedimentos de cálculo também devem ser registrados como importantes fontes de variação da condutividade hidráulica, como mostram os resultados de Calvache et al. (1995). Porém, deve-se ressaltar que esta não é uma regra geral, tendo em vista os resultados de Queiroz et al. (1997), que não encontraram diferenças significativas quanto ao procedimento de cálculo da condutividade hidráulica do solo saturado, medida pelo método do furo do trado.

O resultado da influência de todo este conjunto de fatores e suas relações é tornar a condutividade hidráulica do solo uma das suas propriedades com maior índice de variabilidade espacial e temporal. Comprovando esta realidade, Souza et al. (1997b) verificaram a influência conjunta da gradagem e matéria orgânica na distribuição de poros de um horizonte A_p para três diferentes solos e seus reflexos na condutividade hidráulica em relação aos horizontes mais profundos. Nos três casos analisados a condutividade hidráulica foi maior no horizonte A_p , logicamente em função da maior macroporosidade apresentada por este horizonte.

Warrick & Nielsen (1980) apresentam uma tabela em que registram os níveis de variação de algumas propriedades físicas do solo. De acordo com estes autores a condutividade hidráulica é uma propriedade que apresenta alta variabilidade. Seus dados mostram que a condutividade hidráulica do solo saturado pode apresentar até 190% de variação, enquanto que para a condutividade hidráulica do solo não saturado são bem mais significativos, podendo alcançar valores de até 420% de variação. Complementando, resultados experimentais publicadas por

Anderson & Cassel (1986) indicam que a condutividade hidráulica do solo pode variar de 130 até 3.300%. Estes níveis de variação indicam que a utilização e extrapolação de valores médios, resultantes de observações experimentais de campo em estudos de dinâmica da água no solo, para este parâmetro hidráulico em suas aplicações agrícolas, geram erros cuja ordem de grandeza são significativamente elevadas, afirmam Nielsen et al. (1973) e Cadima et al. (1980).

Uma análise mais apurada permite identificar nos resultados de Cadima et al. (1980) outras informações interessantes sobre a variabilidade da condutividade hidráulica do solo não saturado. Estes autores analisaram, sob condições de campo, a variabilidade espacial da condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho-Amarelo (Latossolo Vermelho (EMBRAPA (1999))), textura média. Eles concluíram que a variabilidade é mais acentuada nas camadas superficiais, diminuindo significativamente em profundidade. Também constataram que a variabilidade temporal é muito significativa nas camadas superiores do perfil. Neste caso, os valores de condutividade hidráulica diminuíram bruscamente nas primeiras vinte e quatro horas após a interrupção da infiltração, atingindo valores extremamente baixos aos quarenta dias de experimento.

Calvache et al. (1995) compararam dois procedimentos para determinação das relações $K(\theta)$. Utilizando o método do perfil instantâneo em cinco parcelas distribuídas em uma área de 10.000 m² de um Typic Haplustoll eles concluíram que o ponto crítico das estimativas de K estão nos valores de K_s , cuja variação pode chegar a 150%, resultando em valores de $K(\theta)$ com até 100% de variabilidade.

Resultados de Jong van Lier & Libardi (1999) também mostram que o valor da condutividade hidráulica do solo saturado, K_s , é a principal causa de variabilidade nas relações matemáticas entre K e θ . Estes autores conduziram um experimento para medir a variabilidade dos parâmetros da equação exponencial que relaciona a condutividade hidráulica com a umidade do solo, utilizando o método do perfil instantâneo, em uma área de 1.000 m², com doze pontos de observação, em nove profundidades, de uma Terra Roxa Estruturada Latossólica (Nitossolo (EMBRAPA (1999))). Neste experimento os valores de θ (correspondente ao θ da equação 13) e K_s mostraram-se muito variáveis. Para o θ , a variação foi da ordem de 200 a 6000 em uma mesma profundidade, enquanto o K_s variou de 10⁻⁸ m² h⁻¹ kPa⁻¹ a 10² m² h⁻¹ kPa⁻¹. Verificaram também uma variação muito maior dos valores de θ nas camadas superficiais, evidenciando que os problemas na determinação da função $K(\theta)$ e suas aplicações em estudos hidrológicos devem considerar essa característica.

Os mesmos autores, Jong van Lier & Libardi (1999), afirmam que a relação entre K versus θ , quando determinada pelo método do perfil instantâneo, principalmente para as camadas superficiais, não representa uma área muito maior do que àquela onde o método foi aplicado. Complementando esta última informação, Anderson & Cassel (1986) indicam que somente existe autocorrelação para propriedades como a condutividade hidráulica em distâncias menores que 2,5 metros e, conseqüentemente, quando for necessária a obtenção de amostras independentes para investigar propriedades físicas do solo, como a condutividade hidráulica, o planejamento da amostragem deve considerar este fato. Ao contrário de Jong van Lier & Libardi (1999) e Anderson & Cassel (1986), resultados de vários estudos apresentados por Iwata et al. (1994) indicam que a dependência espacial da função $K(\theta)$ pode alcançar valores acima de 30 metros.

Avaliação da variabilidade espacial

De acordo com Berg & Klamt (1997), o conhecimento da variabilidade espacial das características do solo tem importância significativa para o correto uso deste recurso natural, uma vez que ela afeta as amostragens para fins de avaliações químicas, físicas e biológicas, indicando o número mais representativo de amostras, para o levantamento e a classificação, o mapeamento e aplicação de técnicas para o manejo e a recuperação dos solos.

Por sua vez, Warrick & Nielsen (1980) sugerem que os estudos e avaliações sobre a variabilidade dos solos devem contemplar os padrões e frequências de distribuição e estrutura da variabilidade. Sugerem a comparação entre solos, locais e métodos de análise para todos os parâmetros possíveis, a partir de grupos multidisciplinares e com o uso da expressiva base de dados já existente. Finalizando, afirmam que “a variabilidade dos parâmetros físicos do solo pode ser integrada para responder às crescentes questões sobre problemas específicos que permitam escolher os melhores sistemas de manejo”. Assim, pode-se alcançar a solução dos problemas contemporâneos, relativos à condutividade hidráulica, com equilíbrio entre o econômico e o técnico, gerando informações científicas mais claras e precisamente analisadas, cujos resultados poderão ser utilizados com grande confiança.

Como se trata de um meio naturalmente descontínuo, o conceito de homogeneidade para os solos e suas características tem uma aplicação relativa e depende, portanto, da escala de observação (Seyfried, 1998). Por isso, segundo Grossi Sad (1986) estabeleceu-se que a quantificação da variabilidade de um certo atributo medido neste corpo geológico deve ser feita por meio de técnicas estatísticas.

Miyazaki (1993) também considera que a heterogeneidade do solo é função de uma escala, visto que medidas de propriedades como densidade do solo, conteúdo de água, potencial mátrico, textura e temperatura, dependem do elemento de volume ou tamanho da amostra. Portanto, a definição de uniformidade e heterogeneidade do solo depende de um Volume Elementar Representativo (VER), o qual deve apresentar um pequeno desvio padrão, retratar a estrutura da variabilidade espacial e ser adequado para a operacionalização do método de medida. Vários trabalhos foram realizados com o objetivo de determinar o VER para as diversas propriedades físicas do solo, dentre as quais a condutividade hidráulica (Cogels, 1983; Bouma et al., 1989; Lauren et al., 1988; Raice & Bowman, 1988).

Em escala macro, as propriedades do solo na paisagem, variam em resposta a variações regionais de clima e material de origem, conferindo-lhes características diagnósticas que possibilitam a sua individualização como corpos naturais homogêneos ao nível de ordem. No campo, para efeito de classificação e mapeamento, tanto a variação em grande escala, quanto aquela que ocorre em pequenas distâncias têm sido extensivamente descritas e classificadas. Não raro, em muitos locais do planeta, como nos EUA, existem levantamentos de solos com escala suficiente para identificar até dez unidades de mapeamento por propriedade rural, tal o patamar de detalhamento alcançado. Ao nível de série, a variabilidade das propriedades do solo é causada por pequenas mudanças na topografia que, por sua vez, afetam o transporte e o armazenamento de água no perfil, influenciando significativamente o desenvolvimento do solo. Porém, mesmo os mapeamentos mais detalhados não são suficientes para expressar e descrever, em minúcias, os padrões de variação das propriedades do solo ao nível de parcela no campo (Mulla & McBratney, 2000), sendo necessário, pois, a aplicação de técnicas mais refinadas para quantificar precisamente algumas de suas propriedades no campo.

A obtenção dos materiais de solo para quantificação da variabilidade pode ser feita utilizando amostras contínuas ou discretas. No processo de amostragem contínuo, a medida de uma determinada propriedade do solo é feita em toda abrangência da área de interesse no campo. Para tanto, usam-se fotografias aéreas ou imagens de satélite, obtidas pelas técnicas de sensoriamento remoto. Como exemplo desta técnica, Mulla & McBratney (2000) citam a determinação da condutividade elétrica do solo com o uso do sensor de indução eletromagnética "Geonics EM-38". Neste caso o procedimento de amostragem não precisa de planejamento prévio e elimina a interpolação entre as medidas. O processo de amostragem discreto requer a coleta de amostras em locais predeterminados e usa técnicas invasivas de obtenção. Desta maneira somente uma parte da população é observada e as suas características são inferidas por meio de técnicas estatísticas.

Das técnicas estatísticas aplicadas ao estudo da variabilidade dos solos, a geoestatística é uma ferramenta de análise de amostragem regionalizada, que descreve a dependência e a variabilidade espacial de uma variável a partir de correlogramas e semivariogramas, que explicitam o nível de dependência espacial, bem como o alcance de cada amostragem. A variável regionalizada possui, pois, um valor considerado representativo para toda uma região no espaço, podendo ser representada por funções numéricas ordinárias que assumem um valor definido em cada ponto e descreve, matematicamente, um fenômeno natural qualquer. Este conceito possibilitou a interpretação precisa de resultados experimentais relativos a muitas propriedades químicas e físicas do solo (Cambardella et al., 1994; Gonçalves et al., 1996b; Couto & Klamt, 1997; Rodrigues & Zimback, 1997; Sousa et al., 1999; Mulla & McBratney, 2000).

Detalhamentos dos princípios básicos, aspectos e requerimentos para o cálculo das diversas funções da geoestatística e suas aplicações no estudo da variabilidade das propriedades físicas do solo exigiriam o desenvolvimento de um formulário muito extenso neste ponto, o qual preferimos suprimir neste trabalho, mas que, evidentemente, é indispensável ao estudo e pode ser encontrado, por exemplo, em Nielsen et al. (1973); Vieira et al. (1983); Trangmar et al. (1985); Vieira (1997); Vieira (2000); Warrick & Nielsen (1980); Wendroth et al. (1997).

Russo & Bresler (1981) afirmam que as propriedades hídricas do solo não variam aleatoriamente no campo e que, portanto, sua descrição estatística deve considerar a estrutura da variabilidade espacial. Considerando que a estrutura da variabilidade espacial das propriedades hídricas do solo é caracterizada por uma escala integral, que representa a distância na qual determinado parâmetro está correlacionado com seu par e, conseqüentemente, o espaço para o qual cada valor é representativo, os autores relatam que cada parâmetro hídrico pode ser caracterizado estatisticamente por uma função de probabilidade independentemente da sua posição espacial e por uma função de autocorrelação que depende somente do valor da distância que separa dois pontos no campo. No entanto, Gajem et al. (1981) estudaram a dependência e a estrutura espacial para onze propriedades físicas de um Typic Torrifluent no Arizona e verificaram que foi difícil realizar generalizações, muito embora a zona de influência das propriedades físicas tenha sido fortemente dependente da distância entre as amostras. Discordando de Russo & Bresler (1981), esses autores também indicam que é difícil atribuir uma escala mais precisa para estudos de variabilidade de parâmetros físicos do solo.

Uma revisão importante sobre o tema variabilidade espacial de solos foi feita por Reichardt et al. (1986). Neste trabalho os autores mostram que as técnicas da estatística tradicional e da geoestatística são complementares e que a

geoestatística possibilita a obtenção de respostas que os métodos tradicionais não conseguem fornecer, conforme verificaram Libardi et al. (1986) quando aplicaram as funções da teoria das variáveis regionalizadas para avaliar a magnitude da variabilidade espacial da umidade, textura e densidade de uma Terra Roxa Estruturada (Nitossolo (EMBRAPA, 1999).

Mais crítico e considerando que os métodos estatísticos diferem basicamente na forma de avaliar a variabilidade dos dados, Silva (1988) realizou um experimento com o objetivo de comparar a estatística clássica com a geoestatística em relação à quantificação da variabilidade dos atributos físicos do solo, textura, densidade dos sólidos, densidade do solo e curva de retenção de água em um Latossolo Roxo (Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 1999). Como não conseguiu, nas condições de seu experimento, identificar a estrutura da variabilidade, este autor considera que a geoestatística não encerra todas as dificuldades para estudos de variabilidade espacial, muito embora seja uma importante ferramenta auxiliar. No entanto, Mata (1997) afirma que a geoestatística o permitiu chegar a conclusões que passariam despercebidas caso fosse utilizada somente as ferramentas “tradicionais” ou estatística clássica, confirmando as conclusões de Reichardt et al. (1986).

Não obstante a reconhecida eficiência da geoestatística como ferramenta para análises relacionadas com a variabilidade espacial, a estatística não espacial, freqüentemente referida como estatística clássica, também é muito usada para examinar aspectos de variabilidade espacial dos parâmetros físicos do solo. Neste caso a amostragem é feita de forma inteiramente casualizada e sem considerar a posição relativa de cada variável no espaço. Também assume-se que as amostras são completamente independentes entre si. Estes métodos estatísticos foram desenvolvidos a partir do ano de 1919, quando Ronald A. Fischer assumiu a direção do Departamento de Estatística da Estação Experimental de Rothampstead em Londres e passou a buscar métodos matemáticos que lhe possibilitasse obter conclusões sobre vários fenômenos experimentais. A base teórica e detalhamento dos métodos estatísticos clássicos estão amplamente descritos em Spiegel (1968); Gomes (1987); Gomes (1987b); Banzato & Kronka (1995); Levine et al. (1998). Outros autores discutem diretamente a aplicação destes conhecimentos ao estudo da variabilidade dos solos, dentre os quais podem ser citados Warrick & Nielsen (1980); Reichardt et al. (1986); Souza (1992); Miyazaki (1993) e Mulla & McBratney (2000).

Nos estudos de variabilidade os parâmetros estatísticos considerados pela estatística clássica são a média, a moda, a mediana, o desvio padrão, a variância, a distribuição da freqüência dos dados, o coeficiente de variação, a assimetria, a curtose e os intervalos de confiança para as estimativas dos dados.

A média e o desvio padrão são duas características chaves para a análise inicial da variabilidade de uma população. A média é considerada uma medida de posição ou medida de tendência central e sua estimativa é dada pela seguinte expressão matemática:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (14)$$

sendo N o número de medidas consideradas e X_i o valor de cada medida em análise. A mediana é o valor do meio ou a média aritmética dos dois valores centrais, em uma seqüência ordenada de dados. A moda é o valor que ocorre com a maior freqüência.

A média fornece uma idéia do conjunto de dados porém não permite avaliar a sua dispersão. Para tanto, dentre outras, uma maneira sofisticada, mas de tratamento matemático muito simples e de propriedades sempre convincentes, é a estimativa do desvio padrão (s), que é a raiz quadrada da variância (s^2). O modelo matemático para calcular o desvio padrão é:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^2 - \bar{X}^2} \quad (15)$$

Na prática, a média representa apenas uma estimativa do valor correto da amostra. Tais estimativas são mais confiáveis à medida que se aumenta o número de observações. O desvio padrão indica a heterogeneidade do conjunto de dados em estudo. Desvios grandes indicam dados heterogêneos e com elevada dispersão de seus elementos. Ao contrário, desvios pequenos indicam mais homogeneidade dos dados e conseqüentemente pequena dispersão.

Segundo Libardi et al. (1996), o desvio padrão tem a vantagem de apresentar a variabilidade dos dados na unidade de medida original, sendo, desta forma, recomendável como estatística de avaliação da variabilidade. Porém a utilização do desvio padrão para comparação de duas variáveis diferentes é inadequada, visto que as unidades de medida também são diferentes. Neste caso torna-se necessário uma medida relativa da variabilidade, tal qual o coeficiente de variação.

O coeficiente de variação é um número que representa o desvio padrão em percentagem da média. Para medidas de dispersão normalizadas em torno de uma média o CV é estimado pela expressão:

$$CV = \frac{s}{\bar{X}} \cdot 100 \quad (16)$$

O CV é, pois, um número abstrato e relativo, que indica a precisão dos dados e possibilita a comparação racional entre valores diferentes. Propriedades do solo com CV elevado são mais variáveis que aquelas com baixo valor de CV. Neste caso, existe até proposições de uma classificação para identificar a extensão da variabilidade das propriedades do solo com base no seu coeficiente de variação. Por exemplo Warrick & Nielsen (1980) classificaram a variabilidade das propriedades do solo, expressa pelo coeficiente de variação, em três níveis: Baixa variação ($CV < 12\%$), média ($12\% < CV < 80\%$) e alta ($CV > 80\%$). Por outro lado, Mulla & McBratney (2000) citam outro esquema de classificação bem mais rigoroso, no qual valores de 0 - 15%, 16 - 35% e $> 36\%$, para o coeficiente de variação, indicam pequena, média e alta variabilidade, respectivamente.

Informações complementares aos momentos estatísticos já descritos podem ser obtidas pela caracterização da frequência de distribuição dos parâmetros medidos, contribuindo para definir de maneira mais completa a sua variabilidade.

A frequência de distribuição corresponde a um arranjo tabular dos dados por classes, juntamente com as frequências correspondentes. Esta função permite calcular médias, dispersões e a probabilidade de um dado valor ocorrer entre limites especificados. As curvas de frequência aparecem, na prática, sob diversas formas características. Podem ter distribuição normal ou não, sendo simétrica ou assimétrica em relação à média. Quando a frequência de distribuição é normal, a média, a mediana e a moda são iguais. Nos outros casos são diferentes. Uma distribuição assimétrica muito comum é a log-normal. Quando isto ocorre o valor da mediana é maior que a moda e menor que a média. Considerando que a distribuição normal é uma exigência básica para análise de dados pelos métodos da estatística clássica, as distribuições de frequências assimétricas devem ser normalizadas. No caso da distribuição log-normal, isto é feito calculando-se o logaritmo natural do dado observado. Exemplos de aplicações em que o logaritmo é usado para normalizar a distribuição dos dados aparecem em estudos das propriedades hídricas do solo realizados por Sisson & Wierenga (1981); Reynolds & Zebchuk (1996); Schaap & Leij (1998) e Comegna et al. (2000).

A média (m) e a variância (s^2) da distribuição do logaritmo transformado podem ser usadas para estimar a média aritmética dos dados não transformados usando a seguinte expressão:

$$\bar{X} = \exp(m + 0,5s^2) \quad (17)$$

A dispersão de uma distribuição de frequência normal em torno da média é uma importante medida da variabilidade da população amostrada. A curva de distribuição de frequência para uma população com alta variabilidade apresenta-se relativamente larga e ampla, ao contrário, se a população varia pouco, a curva tem aspecto estreito e muitos dos seus valores estarão bem próximos da média e mediana.

Segundo Reichardt et al. (1986), foram Nielsen et al. (1973) provavelmente os primeiros autores a verificarem que as propriedades do solo obedecem a diferentes padrões de distribuição. De acordo com os autores muitas propriedades do solo, como teores de areia e argila, apresentam uma distribuição normal, enquanto outras, como a condutividade hidráulica, seguem distribuição assimétrica, geralmente log-normal. Estes padrões de distribuição também foram encontrados por vários pesquisadores; areia e argila (Vieira, 1997), condutividade hidráulica (Libardi et al., 1980; Banton, 1993; Logsdon & Jaynes, 1996).

Existem diversos métodos para identificar qual o tipo de distribuição de um conjunto de dados. Jones (1969) propõe a utilização de tabelas relacionando os valores de assimetria e curtose para testar a normalidade de um conjunto de dados com base na teoria estatística dos testes de hipótese; Warrick & Nielsen (1980) sugerem um método gráfico como sendo uma das maneiras mais fáceis; Guerra (1988) cita os testes não paramétricos de Kolmogorov-Smirnov e Chi-Quadrado; Moraes (1991) e Beiguelman (1994) detalham o método dos momentos estatísticos, informando que é um dos mais utilizados para este propósito e Libardi et al., (1996) demonstram as verificações da normalidade para os métodos do gráfico de Henry, "box-plot" e ramos e folhas.

Em estudos de variabilidade uma pergunta a ser respondida é: quantas amostras devem ser obtidas para representar adequadamente uma propriedade ou característica do solo diante de sua inerente variabilidade espacial?

Os estudos disponíveis apresentam as mais diversas proposições, recomendando desde dezenas até milhares de amostras. Diante das questões econômicas, de tempo e praticidade, como realizar este processo?

Esta etapa do estudo da variabilidade deve começar a partir de um planejamento de amostragem capaz de fornecer as bases para uma precisa identificação dos padrões da variabilidade espacial da propriedade em estudo. O

número ótimo de amostras a ser coletado depende da variabilidade da população, do nível de precisão desejado para estimar a média da população, do intervalo de confiança da média populacional, do custo das análises e disponibilidade dos equipamentos de laboratório. Em alguns casos, como para a condutividade hidráulica do solo saturado, esse número pode alcançar valores impraticáveis de até 26.000 amostras para estimativa da média com razoável precisão (Anderson & Cassel, 1986).

Para o caso de parâmetros cujas amostras são independentes e apresentam distribuição normal, a seguinte fórmula é muito utilizada para estimar o número (N) de pontos amostrais necessários para calcular, com a precisão desejada, o valor da sua média.

$$N = \frac{t^2 \cdot x \cdot s^2}{d^2} \quad (18)$$

em que t é o valor tabulado de Student para o nível de confiança estabelecido, s é uma estimativa preliminar do desvio padrão da população, d é o desvio padrão desejado da população em relação à média. Na teoria, desde que N não é conhecido, o número de graus de liberdade necessários para a estimativa de t também não é. Existem na literatura proposições que permitem estimar o verdadeiro valor de N a partir do cálculo iterativo de valores estimados do próprio N e seus correspondentes graus de liberdade para t . Na prática, sempre assume-se que o tamanho da amostra (N) é suficiente para tal objetivo (Mulla & McBratney, 2000), o que nem sempre é correto.

Os mesmos Mulla & McBratney (2000) afirmam que o modelo matemático para calcular o número de amostras de populações para as quais a variabilidade espacial é considerada, difere da equação (18). Neste caso, quando a correlação espacial existe, é necessário um grande número de amostras para estimar a média. Este incremento do número de amostras necessárias é estimado calculando-se o número de observações independentes para a população. Sendo assim, o verdadeiro número de amostras para estimar a média é dado pela relação N^2 / N^* , na qual o denominador refere-se ao número equivalente de amostras independentes.

Normalmente o número de amostras que resulta da aplicação das metodologias tradicionais é muito grande, notadamente para os casos de propriedades do solo com grande variabilidade. Percebendo esta dificuldade prática para a obtenção de médias representativas, Vachaud et al. (1985) propuseram uma metodologia capaz de reduzir o número de observações requeridas para caracterizar uma propriedade física do solo. Com base em estudos de conteúdo de água no solo esses autores introduziram o conceito de estabilidade temporal. Tal conceito pode ser definido como resultante da associação invariável no tempo entre a localização espacial e as medidas estatísticas que caracterizam uma dada propriedade do solo, conforme bem explicitaram Wesenbeeck et al. (1988). Para a umidade do solo este conceito foi comprovado, na medida em que o teor de água em um local mais úmido no solo tende a se manter assim em qualquer tempo.

Gonçalves et al. (1999a) comprovaram o conceito de Vachaud et al. (1985) quando estudaram a estabilidade temporal da distribuição espacial da umidade no solo em uma área irrigada. Em seu trabalho os autores constataram a persistência das distribuições espaciais da umidade e a possibilidade de identificar locais de amostragem cujos valores permitam estimar a média geral da umidade em uma área, em qualquer tempo. Melo Filho (2002) também aplicou a técnica da estabilidade temporal em medidas do teor de água (θ) e potencial mátrico da água no solo (ψ) e verificou que a existência da estabilidade temporal para teor e potencial mátrico da água no solo, durante o tempo de redistribuição da água, no método do perfil instantâneo para determinação da condutividade hidráulica, possibilita identificar, no campo, posições que representam as médias dessas variáveis em qualquer tempo e que as posições identificadas como estáveis no tempo podem ser usadas para estimativa de θ e ψ com razoável precisão e representatividade, sendo aconselhável a identificação de mais de um local de medida para ampliar a representatividade da amostragem. Para o autor isso representa um avanço em relação às outras metodologias tradicionais, na medida em que possibilita a redução do número de amostras necessárias para estimar uma média representativa com elevada precisão e reduzido esforço amostral.

Para aplicação do conceito de estabilidade temporal a um conjunto de dados é necessário que duas condições sejam atendidas. A primeira condição requer, para um determinado tempo, um número suficiente de observações para obtenção de seus parâmetros estatísticos clássicos. Na segunda condição deve ser possível associar a cada posição ou local o seu valor estatístico de densidade de probabilidade de distribuição normal.

Para analisar a estabilidade temporal Vachaud et al. (1985) propõem duas técnicas. A primeira técnica é o teste de correlação de Spearman (Campos, 1983), que é utilizado como uma ferramenta estatística para indicar o grau de concordância da variabilidade espacial obtida em diferentes tempos. No entanto, o coeficiente de correlação de Spearman (r) possibilita verificar a existência da estabilidade temporal, mas não identifica os locais em que as medidas possam ser feitas para representar a média da variável em estudo para qualquer tempo e valor. Para tanto, Vachaud et al. (1985) sugerem o cálculo das diferenças relativas e seus respectivos desvios padrões, possibilitando a análise dos

desvios entre os valores observados individualmente e a média deles, medidos espacialmente. Igualdades ou pequenas variações da diferença relativa entre posições ao longo do tempo indicam estabilidade temporal. As mesmas, quando ordenadas e plotadas em um gráfico, possibilitam identificar os pontos cujos valores sempre estejam próximos da média e possam ser utilizados como referência amostral.

De acordo com Vachaud et al. (1985) o cálculo das diferenças relativas pode ser feito utilizando-se a seguinte equação:

$$DR \% = \frac{ij - j}{j} 100 \quad (19)$$

sendo: DR (%) a diferença relativa entre uma determinação individual para um local e tempo e a estimativa da média; ij a determinação no local i no tempo j ; j a determinação média para todas as posições, no momento j ;

Kachanoski & De Jong (1988) aplicaram o conceito de estabilidade temporal como definido por Vachaud et al. (1985). Concluíram que a armazenagem de água em um determinado local resulta da ocorrência de um conjunto de processos hidrológicos que operam em diferentes escalas espaciais e então, demonstraram que análises de coerência espacial poderiam ser usadas para examinar a estabilidade temporal como uma função da escala espacial de qualquer variável do solo. Suas conclusões significaram um avanço e ao mesmo tempo simplificaram a proposta de Vachaud et al. (1985).

Outras considerações adicionais ao número de amostras incluem a profundidade, o tempo, a composição e o volume da amostra. Por outro lado, a profundidade é dependente de muitos outros fatores como o tipo de propriedade a ser medida, o tipo de equipamento usado para coleta, tipo e profundidade de cultivo e principalmente das condições de solo (seco, úmido, compactado). O tempo ou período de amostragem é particularmente importante quando se medem variáveis temporais, como teor de água e condutividade hidráulica do solo. Resumindo, para evitar erros de amostragem é necessário um rigoroso planejamento estatístico juntamente com a aplicação de técnicas adequadas.

Várias estratégias para determinar a distribuição espacial dos pontos a serem amostrados foram desenvolvidas, entre as quais pode-se citar amostragem dirigida, ao acaso, estratificada ao acaso, sistemática, estratificada sistemática, em faixas e amostragem geoestatística (Mulla & McBratney, 2000).

Uma das formas para se obter amostras representativas é a reamostragem aleatória, em que cada observação de uma população tem a mesma probabilidade de ser incluída na amostra. Este processo pode ser feito com ou sem reposição. No primeiro caso, uma observação pode ser escolhida mais de uma vez, enquanto que no método sem reposição a observação só pode ser escolhida uma vez em cada reamostragem. O método de reamostragem com reposição é mais vantajoso porque torna a população teoricamente infinita, na medida em que se pode obter um número muito grande de amostras. Sua desvantagem é ser um processo trabalhoso e complexo. Para superar esta limitação técnica, foram desenvolvidas poderosas metodologias de amostragem com base em programas de computador. O "bootstrap" é uma delas.

O "bootstrap" é uma técnica computacional, recente, desenvolvida para realizar inferências estatísticas de uma amostra populacional. O uso do termo "bootstrap" tem origem na frase '*to pull oneself up by one's bootstrap*', atribuída ao Barão de Munchausen, no livro sobre suas aventuras, escrito por Rudolph Erich Raspe no século dezoito.

Na realidade o "bootstrap" é um procedimento computacional intensivo de reamostragem, baseado na técnica da substituição, que possibilita a estimativa da distribuição amostral de estatísticas de interesse, tendo como base dados de uma amostra ou população. Utilizando-se esta técnica é possível realizar comparações estatísticas em áreas diversas do conhecimento científico, como economia, ecologia, genética, biologia e agronomia, incluindo física de solos (Efron & Tibshirani, 1993; Chung et al., 1996; Venkovsky et al., 1997; Amador et al.; 2000; Jhun & Jeong, 2000).

Aplicações da técnica "bootstrap" ao estudo da variabilidade de parâmetros hídricos do solo são encontradas nos trabalhos de Dane et al. (1986) e Hendrickx & Wierenga (1990). Do mesmo modo Melo Filho et al. (2003) aplicaram a técnica "bootstrap" em um conjunto de dados de umidade e potencial mátrico da água no solo para o desenvolvimento de um método capaz de determinar o número mínimo de amostras necessárias para estimar a média de uma população a partir de um determinado grau de precisão. Concluíram que as estimativas de amostragem utilizando o "bootstrap" difere do método convencional e como a mesma independe da distribuição dos dados e não é afetada pela presença de "outliers" pode ser utilizada para estimar tamanho de amostras com precisão e eficiência.

Outro exemplo da aplicação da técnica "bootstrap" para estudo de propriedades hídricas do solo é o trabalho de Schaap & Leij (1998). Estes pesquisadores utilizaram o "bootstrap" em associação com funções do tipo "neural networks" para desenvolver esquemas de modelagem para o cálculo e estimativas da curva de retenção e condutividade hidráulica em condições de saturação e não saturação. Segundo seus resultados, o "bootstrap" foi importante ferramenta de apoio para o desenvolvimento de um sistema de modelagem para calcular propriedades

hídricas do solo.

Concluindo, pode-se afirmar que, associando-se os princípios da estatística clássica aos da geoestatística e aplicando-se as novas técnicas computacionais de reamostragem intensiva, como o “bootstrap”, é possível definir, a partir do número de amostras necessário para se ter um coeficiente de variação aceitável e do conhecimento da dependência espacial do fator em estudo, padrões de análise para realizar um estudo confiável e preciso de determinada característica do solo.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M.I.N.; DAVIDE, A.C. Características físicas e químicas de um latossolo vermelho-escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.4, p.933-942, 1999.

ALVARENGA, M.I.N.; SOUSA, J.A. **Atributos do solo e o impacto ambiental**. Lavras: ESAL; FAEAP, 1995. 140p.

AMADOR, J.A.; WANG, Y.; SAVIN, M.C.; GÖRRES, JH. Fine-scale spatial variability of physical and biological soil properties in Kingston, Rhode Island. **Geoderma**, v.98, p.83-94, 2000.

AMOOZEGAR, A.; WARRICK, A.W. Hydraulic conductivity of saturated soils: Field methods. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: SSSA, 1986. Pt. 1: Physical and mineralogical methods, cap.29, p. 735-770.

ANDERSON, S.H.; CASSEL, D.K. Statistical and autoregressive analysis of physical properties of Portsmouth sandy loam. **Soil Science Society of America Journal**, v. 50, p.1096-1104, 1986.

BACCHI, O.O.S.; REICHARDT, K. Escalonamento de propriedades hídricas na avaliação de métodos de determinação da condutividade hidráulica de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, p.217-223, 1988.

BANTON, O. Field and laboratory determined hydraulic conductivities considering anisotropy and core surface area. **Soil Science Society of America Journal**, v.57, p.10-15, 1993.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.

BEIGUELMAN, B. **Curso prático de bioestatística**. 3.ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1994. 244p.

BERG, M. van den; KLAMT, E. Variabilidade espacial de características de solos na região do planalto médio, RS. II. Análise da semivariância e da variância. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.3, p.401-408, 1997.

BORGES, A.L.; KIEHL, J.C.; SOUZA, L.S. Alteração de propriedades físicas e atividade microbiana de um latossolo amarelo álico após o cultivo com fruteiras perenes e mandioca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.4, p.1019-1025, 1999.

BOUMA, J. JONGMANS, A.G.; STEIN, A.; PEEK, G. Characterizing spatial variable hydraulic properties of a boulder clay deposit in the Netherlands. **Geoderma**, v.45, p.19-29, 1989.

BUCKINGHAM, E. **Studies on the movement of soil moisture**. Washington: USDA, Bureau of Soils, 1907. 61p. (Bulletin, 38).

CADIMA Z., A.; LIBARDI, P.L. REICHARDT, K. Variabilidade espacial da condutividade hidráulica em um latossolo

vermelho-amarelo textura média, no campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, n.2, p.63-66, 1980.

CALVACHE, M.; PORTEZAN FILHO, O.; SILVA, J.C.A.; REICHARDT, K. Condutividade hidráulica de um solo Typic Haplustoll em condições de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Resumos expandidos**. Viçosa: SBCS; UFV, 1995. p.63.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.1501-1511, 1994.

CAMPOS, H. **Estatística experimental não-paramétrica**. 4.ed. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 1983. 349p.

CARVALHO, L.G.; SAMPAIO, S.C.; SILVA, A.M. Determinação da condutividade hidráulica "in situ" de um latossolo roxo distrófico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Resumos expandidos**. Viçosa: SBCS; UFV, 1995. p.35.

CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.263-266, 1985.

CHILDS, E.C. **An introduction to the physical basis of soil water phenomena**. London: A Wiley-Interscience; John Wiley, 1969. 493p.

CHUNG, H; LEE, K; KOO, J. A note on bootstrap model selection criterion. **Statistics & Probability Letters**, v.26, p.35-41, 1996.

COGELS, O.G. Heterogeneity and representativity of sampling in the study of soil microstructure by the mercury intrusion method. **Agricultural and Water Management**, v.6, p.203-211, 1983.

COMEGNA, V.; DAMIANI, P.; SOMMELLA, A. Scaling the saturated hydraulic conductivity of a vertic ustorthens soil under conventional and minimum tillage. **Soil & Tillage Research**, v.54, p.1-9, 2000.

COMEGNA, V.; DAMIANI, P.; D'ANNA, F.; RUGGIERO, C. Comparison of different field methods for determining the hydraulic conductivity curve of a volcanic vesuvian soil. **Geoderma**, v.73, p.231-244, 1996.

CORRÊA, J.C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um latossolo amarelo muito argiloso do estado do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.11, p.1317-1322, 1985.

COUTO, E.G.; KLAMT, E. Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo afetadas pelo uso agrícola em solo sob pivô central no sul do estado de Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, CNPS, 1997. CD-ROM.

DECHEN, S.C.F.; VIEIRA, S.R. Impacto de erosão induzida pela remoção da camada superficial, em atributos físicos e químicos do solo (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS; CNPS, 1997.

DANE, J.H.; REED, R.B.; HOPMANS, J.W. Estimating soil parameters and sample size by bootstrapping. **Soil Science Society of America Journal**, v.50, p.283-287, 1986.

EFRON, B. Jackknife-after-Bootstrap standard errors and influence functions. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 54, p. 83-127, 1992.

- EFRON, B.; TIBSHIRANI, R.J. **An introduction to the bootstrap**. London: Chapman and Hall, 1993. 436p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412 p.
- FALLEIROS, M.C.; PORTEZAN, O.; OLIVEIRA, J.C.M.; BACCHI, O.O.S.; REICHARDT, K. Spatial and temporal variability of soil hydraulic conductivity in relation to soil water distribution, using an exponential model. **Soil Technology**, v.45, p.279-285, 1998.
- FILIZOLA, H.F.; SANS, L.M.A.; FERRACINI, V.L. Parâmetros hídricos do solo como auxiliares na avaliação da poluição da água superficial e subsuperficial (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais**. Rio de Janeiro: SBCS; CNPS, 1997.
- FLÜHLER, H.; ARDAKANI, M.S.; STOLZY, L.H. Error propagation in determining hydraulic conductivities from successive water content and pressure head profiles. **Soil Science Society of America Journal**, v.40, p.830-836, 1976.
- FREEZE, R.A. Henry Darcy and the fountains of Dijon. **Ground Water**, v.32, n.1, p.23-30, 1994.
- GAJEM, Y.M.; WARRICK, A.W.; MYERS, D.E. Spatial dependence of physical properties of a typical torrifluent soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.45, p.709-715, 1981.
- GARDNER, W.R. Calculation of capillary conductivity from pressure plate outflow data. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.20, p.317-320, 1956.
- GARDNER, W. R. Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table. **Soil Science**, v.85, p.228-232, 1958.
- GARDNER, W. R.; MIKLICH, F.J. Unsaturated conductivity and diffusivity measurements by a constant flux method. **Soil Science**, v.93, n.1, p.271-275, 1962.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 3.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 162p.
- GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.A.; SILVA, A.P. Estabilidade temporal da distribuição espacial da umidade do solo em área irrigada por pivô central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.155-164, 1999a.
- GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.A.; SILVA, A.P. Retenção de água no solo em área irrigada por pivô-central (compact disc). In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. **Solo-suelo 96**: trabalhos. Piracicaba: SBCS; SLCS, 1996b.
- GREACEN, E.L. **Soil water assessment by neutron method**. Victoria: CSIRO, 1981. 140p.
- GREEN, R.E.; AHUJA, L.R.; CHONG, S.K. Hydraulic conductivity, diffusivity and sorptivity of unsaturated soils: field methods. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1986. Pt. 1: Physical and mineralogical methods, cap.30, p. 771-798.
- GROSSI SAD, J.H. **Fundamentos sobre a variabilidade dos depósitos minerais**. Rio de Janeiro: DNPM; CPRM; GEOSOL, 1986. 141p.

- GUERRA, P.A.G. **Geoestatística operacional**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 1988. 145p.
- HENDRICKX, J.M.H.; WIERENGA, P.J. Variability of soil water tension in a trickle irrigated Chile pepper field. **Irrigation Science**, v.11, p.23-30, 1990.
- HILLEL, D.; KRENTOS, V.D.; STYLIANOU, Y. Procedure and test of an internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics in situ. **Soil Science**, v.114, p.395-400, 1972.
- IWATA, S.; TABUCHI, T.; WARKENTIN, B. P. **Soil water interactions: mechanisms and applications**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1994. cap.6, p.333-353: Heterogeneity of hydraulic conductivity in soil.
- JHUN, M.; JEONG, H. Applications of bootstrap methods for categorical data analysis. **Computational Statistics & Data Analysis**, v.35, p.83-91, 2000.
- JONES, A.J.; WAGENET, R.J. In situ estimation of hydraulic conductivity using simplified methods. **Water Resources Research**, v.20, n.11, p.1620-1626, 1984.
- JONES, T.A. Skewness and kurtosis as criteria of normality in observed frequency distributions. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.39, n.4, p.1322-1627, 1969.
- JONG VAN LIER, Q.; LIBARDI, P.L. Variabilidade dos parâmetros da relação entre condutividade hidráulica e umidade do solo determinada pelo método do perfil instantâneo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.1005-1014, 1999.
- KACHANOSKI, R.G.; DE JONG, E. Scale dependence and the temporal persistence of spatial patterns of soil water storage. **Water Resources Research**, v.24, p.85-91, 1988.
- KLUTE, A. The determination of the hydraulic conductivity and diffusivity of unsaturated soils. **Soil Science**, v.113, n.4, p.264-276, 1972.
- KLUTE, A.; DIRKSEN, C. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1986. Pt. 1: Physical and mineralogical methods, cap.28, p.697-734.
- LAUREN, J.G.; WAGNET, R.J. BOUMA, J.; WOSTEN, J.H.M. Variability of saturated hydraulic conductivity in a Glassaquic Hapludalf with macropores. **Soil Science**, v.145, n.1, p.20-28, 1988.
- LEVINE, D.M.; BERENSON, M.; STEPHAN, D. **Estatística: teoria e aplicações**. Trad. de T.C.P. de Souza. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 812p.
- LIBARDI, P.L. Condutividade hidráulica do solo em condições de campo. Piracicaba, 1978. 113p. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 2.ed. Piracicaba: P. L. Libardi, 2000. 509p.
- LIBARDI, P.L.; MANFRON, P.A.; MORAES, S.O.; TUON, R.L. Variabilidade da umidade gravimétrica de um solo hidromórfico. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.20, p.1-12, 1996.
- LIBARDI, P.L.; PREVEDELLO, C.L.; PAULETTO, E.A.; MORAES, S.O. Variabilidade espacial da umidade, textura e

densidade de partículas ao longo de uma transeção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.210, n.2, p.85-90, 1986.

LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Simplified field methods for estimating the unsaturated hydraulic conductivity. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.3-6, 1980.

LOGSDON, S.D.; JAYNES, D.B. Spatial variability of hydraulic conductivity in a cultivated field at different times. **Soil Science Society of America Journal**, v.60, p.703-709, 1996.

MAHESHWARI, B.L. Interrelations among physical and hydraulic parameters of non-cracking soils. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.68, p.297-309, 1997.

MALLANTS, D.; JACQUES D.; TSENG, P.; VAN GENUCHTEN, M.Th.; FEYEN, J. Comparison of three hydraulic property measurement methods. **Journal of Hydrology**, v.199, p.295-318, 1997.

MATA, J.D.V. da. **Variabilidade espacial de indicadores da compactação de terra roxa estruturada, sob dois sistemas de preparo, cultivada com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado**. 1997. 73p. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MELO FILHO, J.F. **Variabilidade dos parâmetros da equação da condutividade hidráulica em função da umidade de um latossolo sob condições de campo**. 2002. 145p. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MELO FILHO, J.F.; LIBARDI, P.L.; VAN LIER, Q. de J.; CORRENTE, J.E. Método convencional e "bootstrap" para estimar o número de observações na determinação dos parâmetros da função $K(\theta)$. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.4, p.895-903, 2002.

MIYAZAKI, T. **Water flow in soils**. New York: Marcel Dekker, 1993. cap.9, p.255-283: Heterogeneity of Soils in Fields.

MORAES, S.O. Heterogeneidade hidráulica de uma terra roxa estruturada. Piracicaba, 1991. 141p. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

MULLA, D.J.; McBRARNEY, A.B. Soil spatial variability. In: SUMNER, M.E. (Ed.) **Handbook of soil science**. New York: CRC Press, 2000. Cap. 9, p.321-352.

NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W.; ERH, K.T. Spatial variability of field measured soil water properties. **Hilgardia**, v.42, n.7, p.215-259, 1973.

OGATA, G.; RICHARDS, L.A. Water content changes following irrigation of bare-field soil that is protected from evaporation. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.21, n.4, p.355-356, 1957.

OLIVEIRA, J.J.; CHAVES, L.H.G.; QUEIROZ, J.E.; LUNA, J.G. de. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.4, p.783-789, 1999.

OR, D.; WRAITH, J.M. Soil Water content and Water potential Relationships. In: SUMNER, M.E. **Handbook of soil science**. New York: CRC Press, 2000. Cap. 3, p.53-85.

PREVEDELLO, C.L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: C. L. Prevedello, 1996. 446p.

PREVEDELLO, C.L.; REICHARDT, K.; CORDEIRO, D. G.; MELO, E.F.R.Q.; SCHEFFER, M. Gradiente unitário do

potencial hidráulico como fonte de erro na obtenção da condutividade hidráulica em solo saturado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.2, p.275-280, 1994.

QUEIROZ, J.E.; MENDONÇA, I.C. de; SANTOS, R.V. Um estudo comparativo entre dois procedimentos de cálculo da condutividade hidráulica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.1, p.113-115, 1997.

RADCLIFFE, D.E.; RASMUSSEN, T.C. Soil water movement. In: SUMNER, M.E. **Handbook of soil science**. New York: CRC Press, 2000. Cap. 4, p.87-127.

RAICE, R.C.; BOWMAN, R.S. Effect of sample size on parameter estimations in solute transport experiments. **Soil Science**, v.146, n.2, p.108-112, 1988.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. 2.ed. Piracicaba: ESALQ, 1996. 505p.

REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; NIELSEN, D.R. Unsaturated hydraulic conductivity determination by a scaling technique. **Soil Science**, v.160, n.3, p.165-168, 1975.

REICHARDT, K.; VIEIRA, S.R.; LIBARDI, P.L. Variabilidade espacial de solos e experimentação de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, n.1, p.1-6, 1986.

REYNOLDS, W.D.; ZEBCHUK, W.D. Hydraulic conductivity in a clay soil: Two measurement techniques and spatial characterization. **Soil Science Society of America Journal**, v.60, p.1679-1685, 1996.

RICHARDS, L.A. The usefulness of capillary potential to soil moisture and plant investigators. **Journal of Agricultural Research**, v.37, p.719-742, 1928.

RICHARDS, L.A.; GARDNER, W.R.; OGATA, G. Physical processes determining water loss from soil. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.20, p.310-314, 1956.

RICHARDS, S.J.; WEEKS, L.V. Capillary conductivity values from moisture yield and tension measurements on soil columns. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.17, p.206-208, 1953.

RODRIGUES, J.B.T.; ZIMBACK, C.R.L. Variabilidade espacial da densidade do solo em latossolo roxo álico Botucatu SP (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS; CNPS, 1997.

RUSSO, D.; BRESLER, E. Soil hydraulic as stochastic processes. I. An analysis of field spatial variability. **Soil Science Society of America Journal**, v.45, p.682-687, 1981.

SCHAAP, M.G.; LEIJ, F.J. Using neural networks to predict soil water retention and soil conductivity. **Soil & Tillage Research**, v.47, p.37-42, 1998.

SEYFRIED, M. Spatial variability constraints to modeling soil water at different scales. **Geoderma**, v.85, p.231-254, 1998.

SHOUSE, P.J.; SISSON, J.B.; ELLSWORTH, T.R.; JOBES, J.A. Estimating in situ unsaturated hydraulic properties of vertically heterogeneous soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p.1673-1679, 1992.

SILVA, A.P. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo. Piracicaba, 1988. 105p. Tese (Doutorado) Escola

Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba

SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L.; CAMARGO, O.A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.91-95, 1986.

SISSON, J.B.; WIERENGA, P.J. Spatial variability of steady-state infiltration rates as a stochastic process. **Soil Science Society of America Journal**, v.45, p.699-704, 1981.

SMITH, K.A.; MULLINS, C. E. **Soil analysis physical methods**. New York: s.ed., 1991. 620p.

SOUSA, J.R.; QUEIROZ, J.E.; GHEYI, H.R. Variabilidade espacial de características físico-hídricas e de água disponível em um solo aluvial no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.2, p.140-144, 1999.

SOUZA, L.S. **Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo**. 1992. 162p. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SOUZA, L.S.; COGO, N.P.; VIEIRA, S.R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.3, p.367-372, 1997a.

SOUZA, L.S.; PAIVA, A.Q.; RIBEIRO, A.C.; COSTA, L.M. da; SANTANA, M.B. Porosidade e condutividade hidráulica saturada em solos dos tabuleiros costeiros (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS/CNPS, 1997b.

SPIEGEL, M.R. **Estatística**: resumo da teoria. Trad. de P. Cosentino. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1968. 580p.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. In: BRADY, N.C. **Advances in agronomy**. Orlando: Academic Press, 1985. p.45-93.

VACHAUD, G.; PASSERAT DE SILANS, A.; BALABANIS, P. & VAUCLIN, M. Temporal stability of spatially measured soil water probability density function. **Soil Science Society of America Journal**, v.49, p.822-827, 1985.

VAN GENUCHTEN, M.TH. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

VAN WESENBEECK, I.J.; KACHANOSKI, R.G. & ROLSTON, D.E. Temporal persistence of spatial patterns of soil water content in the tilled layer under a corn crop. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, p.934-941, 1988.

VENKOVSKY, R.; DIAS, C.T.S.; DEMÉTRIO, C.G.B.; LEANDRO, R.A.; PIEDADE, S.M.S. Reamostragem por “bootstrap” na estimação de parâmetros baseados em marcadores genéticos. In: ENCONTRO SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO, 14., Piracicaba, 1997. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1997. p.59-72.

VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP). **Bragantia**, v.56, n.1, p.181-190, 1997.

VIEIRA, S.R.. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ; SCHAEFER, C.E.G.R (Ed.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2000. Cap. 1, p.1-54.

VIEIRA, S.R., HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geoestatistical theory and application to variability of

some agronomical properties. **Hilgardia**, v.51, n.3, 1983. 73p.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.) **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. cap. 13, p.319-344.

WATSON, K.K. An instantaneous profile method for determining the hydraulic conductivity of unsaturated porous materials. **Water Resources Research**, v.2, p.709-715, 1966.

WENDROTH, O.; REYNOLDS, W.D.; VIEIRA, S.R.; REICHARDT, K.; WIRT, S. Statistical approaches to the analysis of soil quality data. In: GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R. (Ed.) **Soil quality: for crop production and ecosystem health**. Amsterdam: Elsevier, 1997. Cap. 11, p.247-276.

WESENBEECK, I.J.; KACAANOSKI, R.G.; ROLSTON, D.E. Temporal persistence of spatial patterns of soil water content in the tilled layer under a corn crop. **Soil Science Society of American Journal**, v. 52, p. 934-941, 1988.

CAPÍTULO 16

EVAPOTRANSPIRAÇÃO

**Francisco Adriano de Carvalho Pereira, Áureo Silva de Oliveira,
Vital Pedro da Silva Paz & Greice Ximena Santos de Oliveira**

EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Francisco Adriano de Carvalho Pereira¹, Aureo Silva de Oliveira¹, Vital Pedro da Silva Paz¹,
Greice Ximena Santos de Oliveira²

¹ Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: fadriano@ufrb.edu.br

² Mestre em Ciências Agrárias/UFBA. Cruz das Almas-BA.

INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial ao desenvolvimento vegetal, participando como constituinte do protoplasma celular em proporções que podem alcançar 95% do seu peso total. No protoplasma, participa de importantes processos metabólicos essenciais à vida vegetal, como a fotossíntese e a fosforilação oxidativa. Durante o seu ciclo de desenvolvimento as plantas consomem um grande volume de água, sendo que deste total, as plantas transferem aproximadamente 98% da água retirada do solo para a atmosfera. Desta maneira, o consumo de água pelas plantas normalmente se refere à água transferida para a atmosfera pelos processos de evaporação da superfície do solo e pela transpiração das plantas.

Devido à grande diversidade de termos existentes na literatura, utilizados na definição do processo da evapotranspiração, muitas dificuldades têm surgido entre os técnicos para a compreensão deste importante fenômeno de transformação física, no qual a água passa da fase líquida para a fase de vapor. Desta maneira, faz-se necessário um conhecimento claro a respeito de certas definições, quando se trata da quantificação da evapotranspiração e do requerimento de água das culturas, viabilizando o intercâmbio de trabalhos realizados sob condições diferentes.

DEFINIÇÕES

A evapotranspiração pode ser definida como a soma da quantidade de água perdida por uma superfície coberta com vegetação, através da evaporação direta da superfície do solo e da água perdida pelas plantas através da transpiração. Do ponto de vista físico, os processos da evaporação e da transpiração são muito parecidos, diferenciando-se unicamente quanto ao tipo de superfície evaporante. Desta maneira, a evapotranspiração (ET) constitui a transferência de água, na forma de vapor, através do sistema solo-planta para a atmosfera.

O termo evapotranspiração potencial (ETp) foi introduzido na literatura especializada por Thornthwaite (1948), definindo-a como a água utilizada por uma extensa área vegetada, em crescimento ativo e cobrindo totalmente a superfície do terreno, sob condições ótimas de umidade do solo. Posteriormente, Penman (1956) estabeleceu que o tipo de vegetação a ser tomada como referência, deveria ser baixa e de altura uniforme, sendo a grama tomada como padrão, em virtude da sua utilização como cobertura dos postos meteorológicos. Jansen et al. (1971), introduziram o termo evapotranspiração de referência (ETo), utilizando os conceitos propostos por Thornthwaite aplicando-os à cultura da alfafa (*Mendicago sativa L.*), com altura de 0,3 a 0,5 m, numa dada condição climática, com área tampão de 100 m aproximadamente. Entre as razões apresentadas para a escolha da alfafa como planta de referência, argumentou-se que o seu porte seria mais representativo das condições aerodinâmicas de outras culturas do que a grama com o seu porte rasteiro. Entretanto, Doorenbos & Pruitt (1977) apresentaram uma definição para evapotranspiração de referência, como aquela que ocorre em uma extensa superfície gramada, com altura de 0,08 a 0,15 m, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo e sem restrições hídricas. Em essência, pode-se verificar que a definição de evapotranspiração de referência coincide com a evapotranspiração potencial (ETP). Vale ressaltar, entretanto, que os valores obtidos com a utilização da cultura da alfafa podem diferir substancialmente dos encontrados com a grama, devido às diferenças de rugosidade e albedo das suas superfícies.

Buscando apresentar uma padronização para a definição da evapotranspiração de referência e visando, principalmente, à utilização do modelo de Penman-Monteith, Smith (1991) apresentou uma conceituação da ETo como aquela que ocorre em uma cultura hipotética, com altura fixa de 0,12 m, poder refletor (albedo) de 23% e resistência do dossel ao transporte de vapor d'água de 69 s m^{-1} . Essa proposição coincide com a evapotranspiração de uma superfície coberta com grama, em crescimento ativo e sem restrições de água no solo.

A evapotranspiração real é aquela que ocorre numa superfície vegetada, sem imposição de qualquer condição

de contorno. Portanto, a (ETR) independe do porte da vegetação, da sua área de bordadura e das condições de disponibilidade de água no solo.

Em locais onde existe uma pequena área irrigada em torno de uma grande área seca ou quando a área de bordadura não é suficiente para eliminar os efeitos advectivos do calor sensível, tem-se verificado a ocorrência de valores exagerados de evapotranspiração, que nessas condições recebe a denominação de evapotranspiração de oásis (ET_o).

Durante os diferentes estágios fenológicos das culturas e sua ocupação na área disponível ocorre a evapotranspiração real, que na prática é chamada de evapotranspiração da cultura (ET_c), também denominada de máxima (ET_m). Apesar de sua determinação ser difícil e muitas vezes inexata, a ET_c é muito importante para um bom dimensionamento de projetos de irrigação, visto que esta representa a quantidade de água que deve ser reposta ao solo para manter o crescimento e a produção da cultura em condições ideais. A ET_c é uma variável dependente das condições meteorológicas e da área foliar da cultura (AF), ou seja, da sua superfície evapotranspirante, que é expressa pelo coeficiente de cultura (k_c), que nada mais é do que a relação entre a ET_c e a ET_o. Assim, pode-se observar que k_c varia ao longo do ciclo de uma cultura de acordo com o IAF, que por sua vez é variável com os períodos fenológicos. Outros fatores, tais como, as diferenças na anatomia da folha, nas características dos estômatos, nas propriedades aerodinâmicas (altura das plantas) e no albedo fazem com que a ET_c seja substancialmente diferente da ET_o, até sob as mesmas condições climáticas e de mesma área foliar.

Por isso, a ET_c pode ser estimada por:

$$E_{tc} = k_c E_{to} \quad (1)$$

UNIDADES

Como foi demonstrado, a evapotranspiração é a perda de determinado volume de água em uma determinada área, ou seja, uma determina altura ou lâmina de água, por isso, normalmente, a evapotranspiração é expressa em mm (milímetros) por unidade de tempo.

Considerando a perda de 1 litro de água de uma superfície com área igual a 1 m², tem-se que:

$$ET = 1 \text{ litro} / 1 \text{ m}^2 = 1.000 \text{ cm}^3 / 10.000 \text{ cm}^2 = 0,1 \text{ cm} = 1 \text{ mm}$$

Para uma superfície de 1 ha (10.000 m²), uma ET = 1 mm (0,001 m), irá corresponder a um volume de água de:

$$0,001 \text{ m} = V / 10.000 \text{ m}^2 \quad V = 10 \text{ m}^3$$

ou seja, 1 mm dia⁻¹ corresponde a 10 m³ha⁻¹dia⁻¹. Através dessa relação, entende-se a importância da evapotranspiração no dimensionamento e manejo adequado da irrigação pois cada 1 mm aplicado, pode corresponder a 10.000 litros de água por hectare.

Outra forma de se expressar a evapotranspiração é em termos da energia requerida para o processo. Essa energia é denominada de calor latente de evaporação. Por exemplo, a 20°C, = 2,45 MJ kg⁻¹, enquanto que a 5°C, = 2,48 MJ kg⁻¹. Em média, adota-se o valor de = 2,45 MJ kg⁻¹, o que significa que são necessários 2,45 MJ para evaporar 1 kg de água. Sendo a densidade da água igual a uma unidade, 1 kg de água corresponde a 1 litro e, portanto, para evaporar 1 mm são necessários 2,45 MJ m⁻².

FATORES QUE AFETAM A EVAPOTRANSPIRAÇÃO

De acordo com as condições adotadas, vários são os fatores que afetam a evapotranspiração: climáticos, da planta e do manejo do solo.

Fatores climáticos

- Umidade Relativa (UR): atua junto com a temperatura, determinando o déficit de saturação do ar, um dos componentes do poder evaporante do ar.
- Saldo de Radiação (Rn): principal fonte de energia para o processo evapotranspirativo. Depende da radiação solar incidente e do albedo da vegetação.
- Temperatura do ar (T): o calor sensível contribui com parte da energia necessária ao processo de evapotranspiração e a temperatura também está diretamente ligada à umidade relativa e ao déficit de saturação do ar.
- Vento (U): responsável pela remoção do ar saturado junto à superfície das folhas e pelo transporte de calor de áreas mais secas (advecção de calor sensível). É o outro componente do poder evaporante do ar.

Fatores da planta

- Espécie: relacionado à arquitetura foliar, à resistência ao transporte de vapor no estômato e a outros aspectos morfológicos que interferem diretamente na evapotranspiração.
- Coeficiente de reflexão (albedo): afeta o saldo de radiação, principal fonte de energia para o processo de evapotranspiração.
- Área foliar: relacionada ao tamanho da superfície foliar disponível para o processo de transpiração. Quanto maior a área foliar maior a exigência hídrica da planta.
- Altura da planta: interfere na interação planta-atmosfera. Plantas mais altas interagem mais com a atmosfera em movimento, extraindo mais energia do ar.
- Profundidade do sistema radicular: relacionado ao volume de solo explorado pelas raízes, objetivando o suprimento de água à planta.

Fatores de manejo do solo

- Espaçamento / Densidade de plantio: determina o nível de competição entre os indivíduos da mesma espécie. Quanto menor o espaçamento, mais indivíduos, maior consumo de água por área.
- Tipo de solo: solos argilosos têm maior capacidade de armazenamento de água do que os arenosos e, portanto, a capacidade de atender as exigências hídricas da cultura por mais tempo.
- Disponibilidade de água no solo: afeta diretamente a evapotranspiração pois a reduz quando o armazenamento cai além do limite crítico.
- Plantio direto: reduz a evapotranspiração, pois a cobertura morta sobre o solo diminui a perda de água por evaporação.
- Impedimentos físicos / químicos: reduzindo o volume de água disponível para o uso pelas plantas pois, limitam o crescimento do sistema radicular da cultura.

MEDIDAS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A medida da evaporação é feita de forma simples e é muito utilizada no manejo da irrigação e no gerenciamento dos recursos hídricos. Através da utilização de tanques de evaporação, obtém-se o total de água evaporada em um dado intervalo de tempo pela diferença das alturas dos níveis da água em dias consecutivos. Devido à relação positiva entre a evaporação observada em tanques e aquela que ocorre de um lago ou de uma superfície vegetada, essas medidas têm sido utilizadas para estimativas dessas variáveis.

O Tanque tipo Classe A (Figura 1) é o mais utilizado para esta finalidade. Foi desenvolvido nos Estados Unidos e é amplamente utilizado no Brasil, possui área circular, com 1,15 m² e é instalado sobre a superfície em um estrado de madeira. A medida da evaporação pode ser obtida com leitura manual, utilizando-se o parafuso micrométrico em tanque tranquilizador ou automática, utilizando-se sensores eletrônicos.

Apesar da simplicidade de seu manuseio, apresenta algumas desvantagens como a superexposição às condições ambientais, principalmente à radiação solar e à velocidade do vento, a facilidade de acesso de animais e ao fato da evaporação ocorrer também durante o período noturno, o que dificulta a sua utilização quando o objetivo é a

estimativa da evapotranspiração de referência.

Na tentativa de diluir estes erros, é aconselhável que o tanque Classe A seja utilizado com repetições, como mostra a Figura 1, dada a grande variabilidade encontrada entre os valores de evaporação.



Figura 1. Tanques evaporimétrico tipo Classe A. Fonte: INMET

Além do tanque Classe A, outros tanques podem ser utilizados para a medida da evaporação, entre os quais o GGI3000 (circular, enterrado e com área evaporante de $0,30 \text{ m}^2$), o de 20 m^2 (circular, enterrado e com área evaporante de 20 m^2) e o Colorado (quadrado, enterrado e com área evaporante de $0,84 \text{ m}^2$). A Figura 2 apresenta os tipos de tanque com suas dimensões.

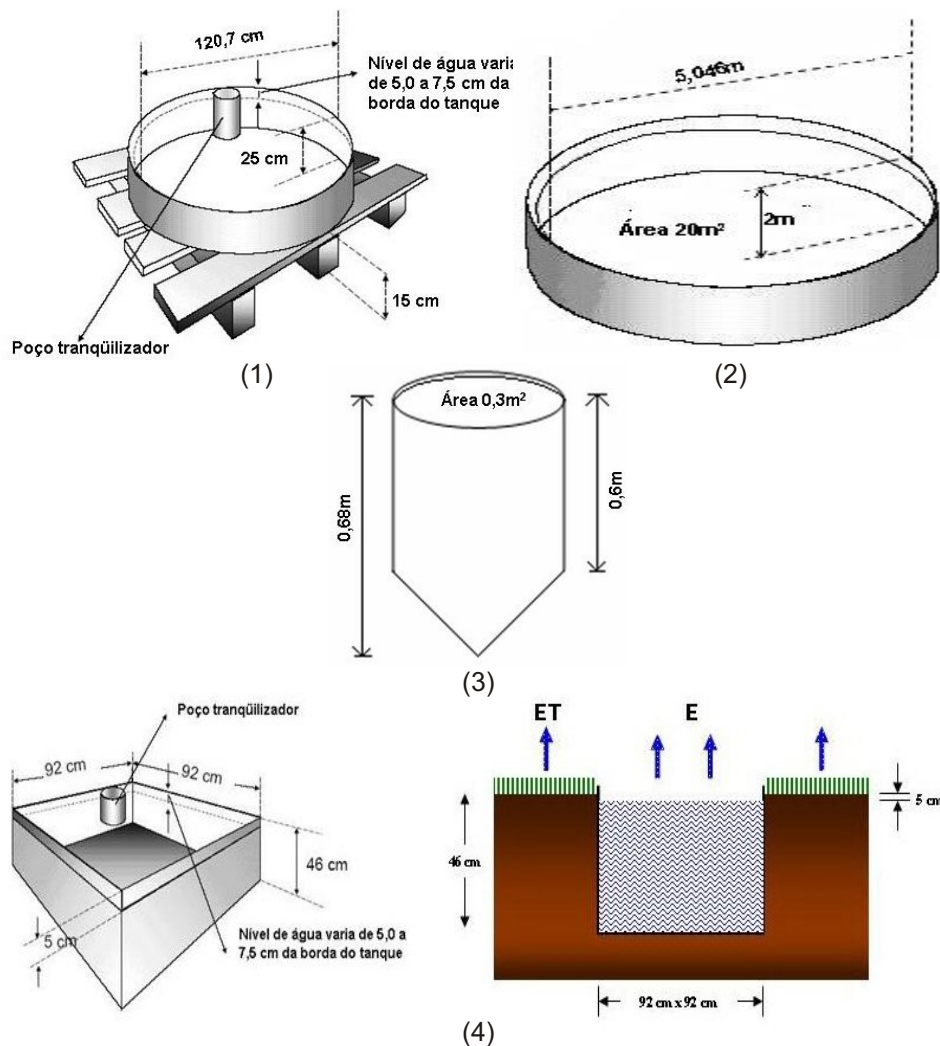


Figura 2. Tanques evaporimétricos Classe A (1), 20 m^2 (2), GGI3000 (3) e Colorado (4), com suas dimensões.

Apesar da existência dos diversos tipos de tanque, os que apresentam coeficientes (k_p) para converter a medida de evaporação em evapotranspiração de referência são os do tipo Classe A e Colorado.

A medida da evapotranspiração é difícil e onerosa, assim os métodos utilizados para tal medida demandam equipamentos sofisticados e não são apropriados para medidas rotineiras, justificando seu emprego apenas em condições experimentais.

Entre os métodos utilizados para a determinação direta da evapotranspiração, tem os métodos micrometeorológicos, o método de balanço de água no solo e os lisímetros.

Os micrometeorológicos são aqueles que utilizam o princípio do balanço de energia em que o fluxo de calor latente (ET), que representa a evapotranspiração, é dado por:

$$ET = R_n - H - G \quad (2)$$

sendo R_n e G medidos e H estimado a partir de medidas precisas do gradiente térmico sobre a vegetação. Além disso, o ET também pode ser determinado pelo método de transferência de massa, método micrometeorológico que requer medidas precisas de temperatura do ar, pressão atual de vapor e velocidade do vento a diferentes níveis acima da superfície.

O método de balanço de água no solo, consiste no balanço entre as entradas e saídas de água em um volume de solo conhecido, em um dado período de tempo.

De forma geral, o balanço de água no solo pode ser representado pelo esquema da Figura 3, em que as entradas são: a chuva (P), a irrigação (I), o orvalho (O), o escoamento superficial (R_i), o escoamento subsuperficial (DL_i) e a ascensão capilar (AC), enquanto que as saídas são: a evapotranspiração (ET), o escoamento superficial (R_o), o escoamento subsuperficial (DL_o) e a drenagem profunda (DP). O resultado desse balanço é a variação do armazenamento de água no solo (ARM).

Nessas condições, a evapotranspiração pode ser obtida, por diferença, para o período analisado, pela seguinte expressão:

$$ARM = P + I + R_i + O + DL_i + AC - (ET + R_o + DL_o + DP) \quad (3)$$

Segundo Allen et al. (1998), alguns desses componentes são de difícil medida, especialmente DL , AC e DP , não podendo ser obtidos para curtos períodos de tempo, o que limita a utilização deste método a períodos com mais de cinco dias.

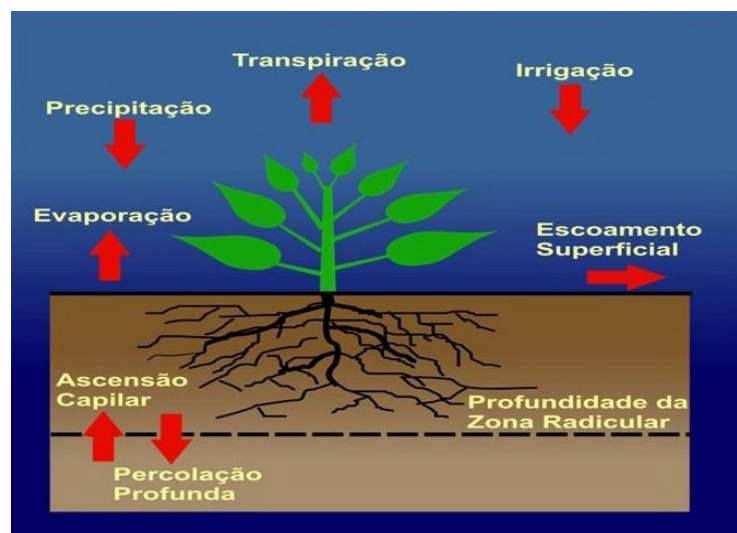


Figura 3. Representação gráfica do balanço de água no solo.

O uso de lisímetros tem sido a forma mais empregada para a obtenção direta da ET. É uma estrutura cujo objetivo é isolar um certo volume de solo de modo a se controlar todas as entradas e saídas de água desse sistema (Figura 4). Para medidas acuradas da ET, a vegetação no interior do lisímetro deve apresentar as mesmas condições (altura e área foliar) da área tampão, cujo tamanho deve ser suficientemente grande para anular os efeitos da advecção. Segundo Pereira et al., (1997), os resultados experimentais mostram que o tamanho da área tampão é bastante variável, dependendo basicamente das condições climáticas regionais, sendo necessário apenas algumas dezenas de metros em condições de clima úmido e entre 100 a 300 m em condições de clima seco.

Dentre os diversos tipos de lisímetros, os mais comuns são o de drenagem, baseado no princípio de conservação de massa e que funciona adequadamente em períodos longos de observação (acima de 5 dias); o de lençol freático constante, que utiliza um sistema automático de alimentação (reservatório intermediário - RI e reservatório de alimentação - RA) e registro da água repostada (L1 - L2), de modo a manter o nível do lençol freático (LF) constante; e o de pesagem que utiliza medida automatizada com células de carga (CC) instaladas sob uma caixa impermeável e ligadas a um sistema de aquisição de dados (SAD) (Figura 5). A ET é dada pela diferença de peso (P1 - P2) em um dado intervalo de tempo. Neste último, a ET pode ser obtida com uma grande acurácia e para períodos muito curtos de tempo (1 hora), porém, tem como inconveniente a necessidade de drenagem da água armazenada em sua parte inferior, por meio de um tubo (T).



Figura 4. Bateria com cinco lisímetros de pesagem, usando células de carga.

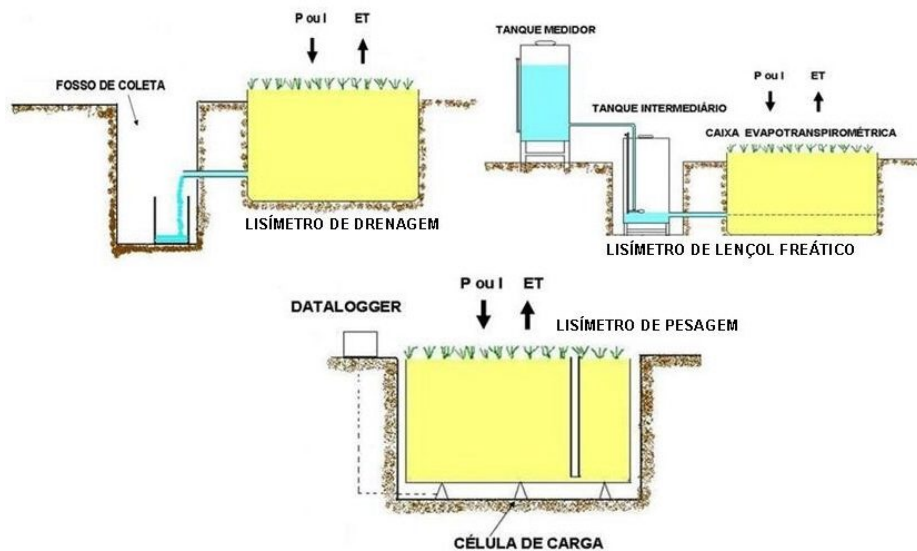


Figura 5. Ilustração esquemática dos lisímetros de drenagem, lençol freático constante e de pesagem com células de carga.

COMO ESTIMAR A EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Inúmeros métodos empíricos e semi-empíricos, através da utilização de dados meteorológicos foram criados para estimar a evapotranspiração de referência, visto que é difícil obter rotineiramente medidas precisas. Entre estes, destaca-se o método proposto por Thornthwaite (1948), nos Estados Unidos, e Penman (1948), na Inglaterra, pois desenvolvidos exclusivamente para se estimar a ETo, contudo a maior desvantagem do método é a dependência de dados meteorológicos, nem sempre disponíveis para a localidade em estudo. Outros métodos restringem sua aplicação, pois só são válidos para condições climáticas específicas, outros, porém, apresentam uma base física mais sólida, sendo universais, integrando todos os elementos que condicionam o processo de ET.

Dentre os métodos mais empregados, quer seja pela sua simplicidade ou pelo seu grau de confiabilidade, destacam-se os de Thornthwaite, Camargo, Hargreaves-Samani, tanque Classe A, Priestley-Taylor e Perman-Monteith, que serão descritos a seguir.

Método de Thornthwaite

Um dos primeiros métodos desenvolvidos para estimar ETo (Thornthwaite, 1948). Baseia-se na relação empírica existente entre a ETo e a temperatura do ar, a qual expressa a energia disponível no ambiente. Por ser um método desenvolvido e testado em condições de clima úmido, apresenta subestimativas em condições de clima seco, por não levar em consideração o poder evaporante do ar.

A ETo é obtida em mm mês⁻¹ pela seguinte formulação (Pereira et al., 2001):

$$ET_p = 16 (10 T_m / I)^a \quad \text{para } 0 < T_m < 26,5^\circ\text{C} \quad (4)$$

$$ET_p = -415,85 + 32,24 T_m - 0,43 T_m^2 \quad \text{p/ } T \geq 26,5^\circ\text{C} \quad (5)$$

em que: ET_p é a evapotranspiração padronizada para um mês de 30 dias e para um fotoperíodo (N) igual a 12h; T_m é a temperatura média do mês, em °C; "I" e "a" índices de calor, obtidos a partir dos dados normais da região e determinados pelas seguintes expressões:

$$I = (0,2 T_{ni})^{1,514} \quad (6)$$

$$I = 12 (0,2 T_a)^{1,514} \quad (7)$$

$$a = 0,49239 + 1,7912 \cdot 10^{-2} I - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 \quad (8)$$

em que: T_n é a temperatura média normal do mês i (i = 1 a 12), T_a a temperatura média anual normal (média histórica), ambas em °C.

Após a determinação de ET_p, esta deve ser corrigida em função do número de dias (ND) e do fotoperíodo médio (Tabela 1) do mês em questão. Assim, ETo em mm/mês, é dada por :

$$ETo = ET_p (ND/30) (N/12) \quad (9)$$

No caso da determinação da ETo em mm dia⁻¹, basta se determinar ET_p com a temperatura média do dia e utilizar a seguinte formulação :

$$ETo = (ET_p / 30) (N/12) \quad (10)$$

Segundo resultados experimentais de Camargo (1962) e Camargo & Sentelhas (1997) este método apresentou boas estimativas de ETo para condições de clima úmido no Brasil mas, para condições de clima super-úmido e semi-árido, sua eficácia é discutível, como mostrou o trabalho de Camargo & Sentelhas (1997), o qual propõe um ajuste para tais condições, corrigindo a temperatura utilizada, que passa a ser denominada de temperatura efetiva (T_{ef}), dada por:

$$T_{ef} = 0,36 (3 T_{max} - T_{min}) \quad (11)$$

em que: T_{max} é a temperatura máxima do ar, em °C, e T_{min} a temperatura mínima do ar, em °C.

Tabela 1. Duração máxima de insolação diária (N), em hora, nos meses e latitude de 10° N a 40° S, correspondente ao 15° dia de cada mês

Latitude	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
10° N	11,6	11,8	12,1	12,4	12,6	12,7	12,6	12,4	12,2	11,9	11,7	11,5
8° N	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6	12,5	12,4	12,2	12,0	11,8	11,6
6° N	11,8	11,9	12,1	12,3	12,4	12,5	12,4	12,3	12,2	12,0	11,9	11,7
4° N	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4	12,3	12,2	12,0	12,0	1,9	11,9
2° N	12,0	12,0	12,1	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0
Equador	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,2
2° S	12,2	12,1	12,1	12,1	12,0	12,0	12,0	12,0	12,1	12,1	12,2	12,2
4° S	12,3	12,2	12,1	12,0	11,9	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4
6° S	12,4	12,3	12,1	12,0	11,9	11,7	11,8	11,9	12,1	12,2	12,4	12,5
8° S	12,5	12,4	12,1	11,9	11,7	11,6	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6
10° S	12,6	12,4	12,1	11,9	11,7	11,5	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7
12° S	12,7	12,5	12,2	11,8	11,6	11,4	11,5	11,7	12,0	12,1	12,7	12,8
14° S	12,8	12,6	12,2	11,8	11,5	11,3	11,4	11,6	12,0	12,1	12,8	12,9
16° S	13,0	12,7	12,2	11,7	11,4	11,2	11,2	11,6	12,0	12,1	12,9	13,1
18° S	13,1	12,7	12,2	11,7	11,3	11,1	11,1	11,5	12,0	12,5	13,0	13,2
20° S	13,2	12,8	12,2	11,6	11,2	10,9	11,0	11,4	12,0	12,5	13,2	13,3
22° S	13,4	12,8	12,2	11,6	11,1	10,8	10,9	11,3	12,0	12,6	13,2	13,5
24° S	13,5	12,9	12,3	11,5	10,9	10,7	10,8	11,2	11,9	12,6	13,3	13,6
26° S	13,6	12,9	12,3	11,5	10,8	10,5	10,7	11,2	11,9	12,7	13,4	13,8
28° S	13,7	13,0	12,3	11,4	10,7	10,4	10,6	11,1	11,5	12,0	12,5	13,0
30° S	13,9	13,1	12,3	11,4	10,6	10,2	10,4	11,0	11,9	12,8	13,6	14,1
32° S	14,0	13,2	12,3	11,3	10,5	10,0	10,3	10,9	11,9	12,9	13,7	14,2
34° S	14,2	13,3	12,3	11,3	10,3	9,80	10,1	10,9	11,9	12,9	13,9	14,4
36° S	14,3	13,4	12,4	11,2	10,2	9,70	10,0	10,7	11,9	13,0	14,0	14,6
38° S	14,5	13,5	12,4	11,1	10,1	9,5	9,8	10,6	11,8	13,1	14,2	14,8
40° S	14,7	13,6	12,4	11,1	9,9	9,3	9,6	10,5	11,8	13,1	14,3	15,0

OBS: Pode-se também calcular o valor da duração máxima da insolação diária (N), por meio das seguintes equações:

$$N = \frac{2 H}{15}$$

$$H = \arcsen \left(\frac{\sin \delta + \sin \phi \cos DJ}{\cos \phi} \right)$$

$$= 23,45 \sin \left(\frac{360}{365} DJ - 80 \right)$$

Sendo:

declinação solar;

latitude (-) se localizado no hemisfério Sul;

DJ: Dia Juliano.

Método de Camargo

O método proposto por Camargo (1971) é uma simplificação do método de Thornthwaite (1948). Assim, de acordo com método original, faz uso apenas da temperatura média do ar e não leva em consideração o poder evaporante do ar. Contudo, trouxe uma vantagem adicional, em relação ao apresentado anteriormente, é que não há necessidade do uso de dados normais de temperatura do ar.

AET_o é estimada diretamente a partir da seguinte fórmula :

$$E_{to} = 0,01 Q_0 T_{med} ND \quad (12)$$

em que: Q₀ é a irradiância solar extraterrestre, expressa em mm de evaporação equivalente, T_{med} é temperatura média do período considerado, em °C, e ND o número de dias do período considerado.

Método de Hargreaves e Samani

Apesar de ter sido desenvolvido para as condições de clima semi-árido da Califórnia, o método criado por Hargreaves e Samani (1985), é recomendado pela FAO (Allen et al., 1998) como uma opção para a estimativa de E_T_o,

quando há somente disponibilidade de dados de temperatura do ar local. Assim como os métodos de Camargo e de Thornthwaite, não é de aplicação universal e, portanto, deve ser calibrado para outras condições climáticas, caso contrário pode provocar superestimativas em condições de clima úmido (Sentelhas e Camargo, 1996; Allen et al., 1998). Sua fórmula para a estimativa diária de ETo é a seguinte:

$$ETo = 0,0023 Qo (Tmax - Tmin)^{0,5} (Tmed + 17,8) \quad (13)$$

em que: Tmax é a temperatura máxima do ar, em °C, Tmin a temperatura mínima do ar, em °C, Tmed a temperatura média do ar, em °C, e Qo a irradiância solar extraterrestre, expressa em mm de evaporação equivalente.

Método do tanque Classe A

Este método é baseado na proporcionalidade existente entre a evaporação do tanque Classe A e a ETo. Logicamente, devido às diferenças entre a superfície de água livre e a superfície de uma cultura e entre os mecanismos de resistência ao transporte de água e vapor que atuam nesses dois meios, a quantidade de água que é transferida para a atmosfera pelos processos de evaporação e evapotranspiração difere significativamente, havendo a necessidade de um coeficiente de proporcionalidade, denominado de coeficiente de tanque (kp), que converte a evaporação obtida no tanque Classe A (ECA) em evapotranspiração, como mostra a equação a seguir:

$$ETo = ECA kp \quad (14)$$

O valor de kp, sempre menor do que 1, é função da velocidade do vento, da umidade relativa e do tamanho e do tipo da bordadura circunvizinha ao tanque Classe A. Quanto maior a velocidade do vento, menor a umidade relativa e menor a bordadura, menor o valor de kp. Isso se dá devido ao aumento excessivo da ECA, nessas condições, em relação ao aumento de ETo. Os valores de kp são normalmente apresentados na forma de tabelas (Doorembos e Kassam, 1994; Allen et al., 1998 e Pereira et al., 2001). No entanto, para facilitar a interpolação e o uso de sistemas informatizados, o kp pode ser obtido pelas seguintes equações apresentadas por Allen et al. (1998):

para bordadura vegetada

$$kp = 0,108 - 0,0286 U_{2m} + 0,0422 \ln(B) + 0,1434 \ln(UR_{med}) - 0,00063 [\ln(B)]^2 \ln(UR_{med}) \quad (15)$$

para bordadura sem vegetação

$$kp = 0,61 + 0,00341 UR_{med} - 0,000162 U_{2m} UR_{med} - 0,00000959 U_{2m} B + 0,00327 U_{2m} \ln(B) - 0,00289 U_{2m} \ln(86,4 U_{2m}) - 0,0106 \ln(86,4 U_{2m}) \ln(B) + 0,00063 [\ln(B)]^2 \ln(86,4 U_{2m}) \quad (16)$$

em que: U_{2m} é a velocidade média do vento a 2 m de altura, em $m s^{-1}$, B é a extensão da bordadura, em m, e UR_{med} a umidade relativa média diária, em %. Deve-se atentar para os limites das equações 25 e 26, os quais são: U_{2m} entre 1 e $8 m s^{-1}$, B entre 1 e 1000 m e UR_{med} entre 30 e 84%.

Uma alternativa no caso de não se dispor de dados de UR_{med} e de U_{2m} é o de se adotar um kp fixo, representativo da região. A FAO sugere outra opção, proposta pelo boletim 56 (Allen et al., 1998), que é a de se adotar valores médios de UR_{med} e U_{2m} para a região estudada.

Método de Priestley-Taylor

É uma simplificação do método original de Penman (1948), em que o segundo termo da equação, denominado aerodinâmico (AERO), é substituído por uma fração que este representa do primeiro termo, denominado energético (ENERG). O método de Penman, considera que:

$$Eto = ENERG + AERO \quad (16)$$

Dividindo-se todos os termos da equação pelo termo ENER_G, tem-se que:

$$\begin{aligned} E_{T_o} / \text{ENERG} &= \text{ENERG} / \text{ENERG} + \text{AERO} / \text{ENERG} \\ E_{T_o} / \text{ENERG} &= 1 + \text{AERO} / \text{ENERG} \end{aligned}$$

Nessa situação, $(1 + \text{AERO} / \text{ENERG})$ é denominado de Parâmetro de Priestley-Taylor, tendo o valor de 1,26. Sendo o termo energético igual a $W(R_n - G)$, o método de Priestley-Taylor fica com a seguinte formulação:

$$E_{T_o} = 1,26 W (R_n - G) \quad (17)$$

em que: R_n é o saldo de radiação, em $\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$, podendo ser medido ou estimado, G fluxo de calor no solo, em $\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$, e é o calor latente de evaporação, igual a $2,45 \text{ MJ/kg}$ a 20°C , e W um fator de ponderação dependente da temperatura (T) e do coeficiente psicrométrico, podendo ser determinado pelas seguintes expressões:

$$W = 0,407 + 0,0145 T \quad (0 < T < 16^\circ\text{C}) \quad (18)$$

$$W = 0,483 + 0,01 T \quad (16,1 < T < 32^\circ\text{C}) \quad (19)$$

Não se dispondo de medidas de G , esse valor poderá ser desprezado para a escala diária, ou, ainda, estimado a partir da seguinte expressão (Pereira et al., 2001):

$$G = 0,38 (T_d - T_{-3d}) \quad (20)$$

sendo T_d a temperatura média do dia em questão e T_{-3d} a temperatura média do ar dos três dias anteriores, ambas em $^\circ\text{C}$.

Método de Penman-Monteith (FAO)

Em 1948, Penman combinou o balanço de energia com o método do transporte de massa e derivou uma equação para descrever a evaporação de superfícies de água livre, do solo e da vegetação, a partir de dados de insolação, temperatura, umidade e velocidade do vento, obtidos em estações meteorológicas. Esse método foi denominado de combinado e ao longo do tempo foi adaptado para a superfície vegetada, por meio da introdução de fatores de resistência da planta.

Essas resistências foram genericamente denominadas de resistência da cobertura (r_c), que representanda todo o conjunto de resistências da superfície que atua no processo. A r_c atua em série com a resistência do ar (r_a), como mostra a Figura 6, sendo que a r_c descreve as resistências ao fluxo de vapor exercidas pelos estômatos, pela cutícula e pelo solo, enquanto que r_a representa a resistência ao transporte de vapor exercida pelo fluxo de ar, sendo dependente, portanto, da velocidade do vento.

A equação com esse novo conceito de resistência da superfície foi apresentada por Monteith (1965) e adaptada por Allen et al. (1998) para a estimativa da evapotranspiração de referência na escala diária, sendo atualmente recomendada como padrão da FAO com a seguinte parametrização:

$$E_{T_o} = \{0,408 s (R_n - G) + [900/(T + 273)] U_{2m} (e_s - e_a)\} / [s + (1 + 0,34 U_{2m})] \quad (21)$$

em que: R_n é o saldo de radiação, em $\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$, G o fluxo de calor no solo, em $\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$, T a temperatura média do ar, em $^\circ\text{C}$, U_{2m} a velocidade do vento a 2m, em m s^{-1} , $e_s - e_a$ o déficit de pressão de saturação do ar, em kPa, s a constante psicrométrica, igual a $0,063 \text{ kPa}^\circ\text{C}^{-1}$, e s a declividade da curva de pressão de vapor na temperatura do ar, em $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$. As equações recomendadas para a obtenção das variáveis acima são:

$$s = (4098 e_s) / (T + 237,3)^2 \quad (22)$$

$$es = (es^{T_{max}} + es^{T_{min}}) / 2 \quad (23)$$

$$es^{T_{max}} = 0,6108 e^{[(17,27 \cdot T_{max}) / (237,3 + T_{max})]} \quad (24)$$

$$es^{T_{min}} = 0,6108 \cdot e^{[(17,27 \cdot T_{min}) / (237,3 + T_{min})]} \quad (25)$$

$$ea = (UR_{med} es) / 100 \quad (26)$$

$$UR_{med} = (UR_{max} + UR_{min}) / 2 \quad (27)$$

$$T = (T_{max} + T_{min}) / 2 \quad (28)$$

sendo T_{max} a temperatura máxima do ar, em °C, T_{min} a temperatura mínima do ar, em °C, UR_{max} a umidade relativa máxima, em %, UR_{min} a umidade relativa mínima, em %. Os procedimentos de medida e estimativa de R_n são apresentados no item 3 deste capítulo, enquanto que a estimativa de G é dada pela equação 20.

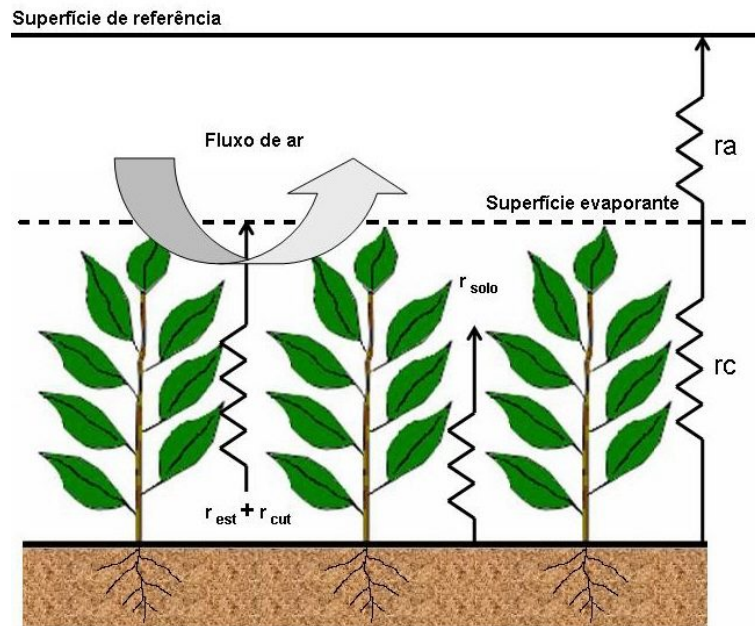


Figura 6. Esquema da resistência do ar e da cobertura ao fluxo de vapor. Adaptado de Allen et al. (1998).

Este método vem sendo largamente empregado em todo o mundo, apresentando excelentes resultados (Allen et al., 1998). No Brasil, seu emprego já é bastante difundido, sendo o único problema a falta dos dados necessários ao seu emprego em algumas localidades.

CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DE MÉTODO DE ESTIMATIVA DA ETo

De acordo com Pereira et al. (2001), a escolha de um método de estimativa de ETo depende de uma série de fatores. O primeiro deles é a disponibilidade de dados meteorológicos, pois os métodos mais complexos, como visto no item anterior, exigem grande número de variáveis. Desse modo, os métodos de Priestley-Taylor e Penman-Monteith não poderão ser empregados onde há apenas dados de temperatura do ar.

O segundo fator é a escala de tempo requerida. Normalmente, métodos empíricos como os de Thornthwaite e de Camargo apresentam melhores estimativas em escalas de tempo maiores, enquanto que aqueles que utilizam o balanço de energia podem ser empregados até mesmo na escala horária.

Finalmente, o terceiro fator envolve a adaptabilidade dos métodos empíricos à região de estudo, pois esses não são de aplicação universal, requerendo ajustes locais. Em geral, os métodos de Thornthwaite e Camargo apresentam melhores estimativas de ETo em condições de clima úmido, provocando subestimativas de ETo em climas semi-áridos. Por outro lado, o método de Hargreaves-Samani produz melhores resultados em condições de clima árido e semi-árido, como por exemplo no semi-árido nordestino. Quando aplicado em condições de clima úmido este método superestima a ETo.

REFERÊNCIAS

- ALLEN R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 56).
- CAMARGO, A. P., Contribuição para determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 21, p. 163-213, 1962.
- CAMARGO, A. P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. 3.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1971. 24p. (Boletim, 116)
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- DOOREMBOS, J.; PRUITT, J. O. **Guidlines for predicting Crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper, 24 2nd ed., Rome, 179pp. 1977.
- DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. **O Efeito da água no rendimento das culturas**. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33) Tradução Gheyi, H.R. e outros, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. FAO 306p. 1994.
- JANSEN, M. E.; WRIGHT, J.L.; PRATT, B.J., Estimating soil moisture depletion from climate, crop and soil data. **Trans. of the ASAE**, v. 14, n. 5, p. 954-959, 1971.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z.A., Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. Chicago, **Amer. Soc. Agric. Eng. Meeting**, (Paper 85-2517) 1985.
- MONTEITH, J. L., Evaporation and environment. **Symp. Soc. Expl. Biol.**, v. 19, p. 205-234, 1965.
- PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proc. R. Soc. London**, v. 193, p. 120-146, 1948.
- PEREIRA, A. R.; NOVA, N. A. V.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(Transpi)Ração**. 1. ed. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997. v. 1. 183 p.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia** - fundamentos e aplicações práticas. 1. ed. Guaíba, RS: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 2001. v. 1. 478 p.
- THORNTHWAITE, W. C. **An approach toward a rational classification of climate**. Geographical Review, New York, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.
- SENTELHAS, P. C.; CAMARGO, A. P. Equação para a estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, baseada no método de Hargreaves - 1974. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 77-81, 1996.
- SMITH, M., Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements. Rome FAO. 45 p. 1991.

CAPÍTULO 17

MISTURA MINERAL PARA BOVINOS EM REGIME DE PASTO

**Benedito Marques da Costa, Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira
& Maria do Carmo Martins Marques da Costa**

MISTURA MINERAL PARA BOVINOS EM REGIME DE PASTO

Benedito Marques da Costa¹; Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira¹; Maria do Carmo Martins Marques da Costa¹

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: beneditomc@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Em épocas e condições favoráveis de crescimento das plantas forrageiras (calor e umidade), os animais em regime de pasto podem ter atendidas suas exigências de energia, proteína e vitaminas. Contudo, a nutrição mineral desses animais é frequentemente desbalanceada, se os animais possuem apenas a forragem como única fonte desses nutrientes.

Sob condições tropicais, as deficiências minerais mais comuns são as de cálcio, fósforo, sódio, cobalto, cobre, iodo, zinco e selênio. Segundo Haddad & Platzeck (1985), somente 10% do rebanho bovino nacional possui uma correta nutrição mineral e 70% ou mais do efetivo recebe somente sal grosso ou mesmo nenhuma forma de suplemento mineral na dieta. Caielli (1974) informa que foram encontrados níveis de cálcio abaixo do limite, em pastagens, na região de Calciolândia, MG e Barra Mansa, RJ. Em algumas regiões de Roraima, Sousa et al. (1986) observaram deficiências de cálcio e fósforo em forrageiras e níveis próximo ao limite da deficiência, nas cinzas ósseas.

Segundo levantamentos realizados por Andreasi et al. (1966/67), Gallo et al. (1974), Agostini & Kaminski (1976) e Sousa et al. (1985), os teores de magnésio encontrados nas forragens são suficientes para atender às necessidades dos animais em diferentes fases de produção, crescimento, lactação, gestação e engorda. Em Roraima, Sousa et al. (1987) encontraram deficiência de magnésio nos solos, entretanto observaram níveis nas forragens considerados adequados para bovinos de corte em crescimento e acabamento, porém inadequados para vacas em lactação.

Em algumas regiões de Mato Grosso, Sousa et al. (1981) observaram níveis elevados de ferro nas forragens, os quais podem ter exercido um efeito tóxico em nível de absorção ou de metabolismo do manganês, vez que o nível deste elemento mostrou-se deficiente no fígado. Em Nova Odessa, SP, Possenti et al. (1992) detectaram deficiências minerais nas plantas forrageiras, em diferentes períodos do ano, para fósforo, cobre e zinco. Níveis excessivos de ferro e manganês foram observados em todos os períodos estudados. No fígado, foram encontrados níveis abaixo do normal para manganês e concentrações normais para os demais elementos.

Segundo Underwood et al., citados por Possenti et al. (1992), teores elevados de ferro na dieta interferem na absorção do manganês. Contudo, outros minerais em excesso podem interferir, também, no metabolismo do manganês, tais como: cálcio, cobalto, magnésio e potássio.

No Brasil, vários autores detectaram níveis deficientes de cobre no solo, nas forrageiras e nos tecidos de animais (Tokarnia et al., 1960; Tokarnia et al., 1966; Tokarnia et al., 1968; Santos et al., 1970; Pereira et al., 1971; Teixeira et al., 1971; Gallo et al., 1974; Lopes et al., 1980 e Santiago et al., 1986). Também, foram verificadas deficiências de zinco nos solos, plantas e tecidos de animais (Santiago et al., 1986; Sousa & Darsie, 1985; Lopes et al., 1980).

Em regime de pasto, a nutrição mineral do ruminante é dada pelo somatório da ingestão de minerais via água de beber, ingestão de solo, forragem da pastagem e eventual suplementação mineral no cocho.

ÁGUA E SOLO COMO FONTE DE MINERAIS

A água de beber não se constitui em fonte adequada de minerais. Por isso, em condições normais e práticas, ela não é considerada quando do cálculo de uma mistura mineral para bovinos em regime de pasto (Haddad & Platzeck, 1985). Contudo, quando os animais bebem água com salinidade excessiva, a sua ingestão causa uma diminuição no consumo de minerais em nível de cocho (Shirley & Carvalho, 1976).

Bovinos e ovinos, em regime de pasto, apresentam um grande consumo de solo. Esse consumo se torna maior em solos desagregados ou em áreas onde a lotação é alta (Haddad & Platzeck, 1985). Como o fósforo é o elemento mais carente em ambiente tropical e considerando que os solos dessa região apresentam baixos níveis de fósforo e altos de ferro e alumínio, era de se esperar um efeito deletério da ingestão de solo sobre a disponibilidade de fósforo ao animal. Rosa et al. (1982) constataram a interferência do ferro e alumínio ingeridos via solo sobre a utilização de fósforo

da dieta, atentando que esse efeito poderia ser prejudicial quando os animais apresentavam carência de fósforo. Para Ammerman et al. (1984), o efeito da ingestão de solo sobre a utilização de fósforo é função dos níveis de ferro e alumínio solúveis do solo ingerido e, também, do tipo de solo (estrutura, origem) considerado.

COMPOSIÇÃO MINERAL DA FORRAGEIRA

As espécies forrageiras das pastagens apresentam uma grande variabilidade na concentração dos elementos minerais. Essa variação tem sido observada em relação à idade das plantas (Gomide, 1976; Nascimento Júnior et al., 1976; Camarão et al., 1988) e em relação à estação ou ao período do ano (Silva et al., 1982; Sousa et al., 1986; Cavalheiro & Trindade, 1992 e Possenti et al., 1992).

A composição mineral das plantas forrageiras da pastagem afeta de algum modo o consumo de um suplemento mineral pelo animal. Assim, o conhecimento de sua composição mineral é de fundamental importância no cálculo de um suplemento mineral. Contudo, para se regionalizar a mineralização é necessário que se obtenha um grande número de dados da composição mineral de amostras de forragem colhidas na pastagem. Estes dados devem conter, também, informações sobre a espécie forrageira, o estágio de maturação da planta colhida, local e data de amostragem etc.

MÉTODOS DE SUPLEMENTAÇÃO MINERAL

A suplementação mineral é a forma mais racional de se complementar a nutrição dos ruminantes, se a ingestão dos elementos minerais via forragem, água de beber (e solo) não satisfizer as suas necessidades específicas. McDowell et al. (1983) sugerem os seguintes métodos para suprir minerais para ruminantes: a) uso direto na ração; b) fertilização das pastagens; c) suplementação artificial; d) injeções específicas de elementos minerais; e) minerais contidos na água de beber; f) suplementação no cocho (à vontade).

Uso direto na ração - O uso direto de elementos minerais na ração consiste em misturar os elementos minerais no concentrado fornecido diariamente aos animais. Essa é a melhor forma de mineralizar o rebanho porque existe controle da quantidade ingerida de minerais pelos animais. Recomenda-se ao gado bovino leiteiro, em confinamento ou semi-confinamento. Seu uso em bovino de corte, sob regime de pasto, não é aconselhável porque os animais ingerem na pastagem uma grande parte de minerais para atender às suas necessidades.

Fertilização das pastagens - A fertilização das pastagens pode melhorar a produção e composição mineral da forragem, sendo aplicável quando as condições econômicas, edáficas e climáticas são favoráveis.

Suplementação artificial - A suplementação artificial por via oral é aplicável quando o consumo de alguns elementos minerais ao nível de cocho for inviável ou difícil de ser atendida. É o caso da suplementação oral de magnésio, balas ou pellets de cobalto, selênio, cristais de óxido de cobre etc.

Injeções específicas de elementos minerais - Injeções específicas de elementos minerais são aplicáveis quando se necessita, em curto prazo, a resolução de um problema carencial e/ou manutenção de níveis adequados de um elemento mineral no organismo, por um determinado espaço de tempo (Haddad & Platzeck, 1985). Segundo Haddad (1980), a aplicação endovenosa de 3 a 40 mg de EDTA-cobre ou glicinato de cobre foi eficaz na correção da deficiência e manutenção de altos níveis séricos de cobre, por até 4 meses, em ovinos. Para bovinos as dosagens utilizadas, 120-240 mg de EDTA-cobre, mostraram-se efetivas por três meses.

Minerais na água de beber - A utilização de minerais na água de beber não é recomendável porque existem fatores responsáveis por grande variação no consumo de água pelos ruminantes, tais como categoria animal, condição fisiológica, forma física da dieta, temperatura ambiente, umidade relativa etc.

Suplementação de minerais no cocho - A suplementação de minerais no cocho, à vontade, é a forma de fornecimento mais recomendável. Segundo Sousa (1995), o cloreto de sódio (sal comum) é o ingrediente que mais limita o consumo de uma mistura mineral, isto é, quanto maior for a percentagem de cloreto de sódio, menor será o consumo da mistura mineral pelos bovinos. Desse modo, o cloreto de sódio (NaCl) é usado no cálculo da mistura mineral como ingrediente regulador do consumo da mistura.

CÁLCULO DE UMA MISTURA MINERAL

Exemplo do cálculo de uma mistura mineral para bovinos de corte, segundo informações de Sousa (1995). As análises das forrageiras de uma fazenda de bovinos de corte indicaram os seguintes resultados: fósforo 0,13 %; cálcio 0,20 %; magnésio 0,085 %; potássio 0,92 %; enxofre 0,09 %; sódio 0,005 %; zinco 5 ppm; cobre 2 ppm; cobalto 0,01 ppm; iodo 0,02 ppm; ferro 350 ppm; manganês 60 ppm; selênio 0,01 ppm. Verificou-se, ainda, através de biópsias de fígado feitas em vacas em lactação e em animais de sobreano, que os níveis hepáticos de zinco, cobre, cobalto e manganês estavam abaixo dos teores considerados adequados. As análises de biópsias de ossos revelaram baixa percentagem de cinza, indicando uma mineralização óssea deficiente. Os resultados das análises de cálcio, fósforo e magnésio na cinza óssea confirmaram níveis deficientes nestes minerais.

Unidades Utilizadas - A unidade utilizada no cálculo das fórmulas minerais é sempre o ppm (partes por milhão). Os macroelementos, geralmente, são expressos em percentagem, tornando-se necessária a transformação para ppm. Assim, demonstra-se que 1% de um elemento é equivalente a 10.000 ppm deste elemento.

$$\begin{array}{l} 100 \text{ g} \text{ ----- } 1 \text{ g} \\ 1.000.000 \text{ g} \text{ ----- } x \\ x = \frac{1.000.000 \text{ g} \times 1 \text{ g}}{100 \text{ g}} = 10.000 \text{ g ou } 10.000 \text{ ppm} \end{array}$$

Portanto, para se transformar percentagem em ppm, basta multiplicar por 10.000. Por exemplo, se uma forrageira apresentar 0,09% de fósforo, esse valor equivale a 900 ppm desse elemento.

$$\begin{array}{l} 100 \text{ g da amostra} \text{ ----- } 0,09 \text{ g de P} \\ 1.000.000 \text{ g} \text{ ----- } x \end{array}$$

$$x = 900 \text{ g ou } 900 \text{ ppm de P}$$

Por outro lado, para transformar ppm em percentagem, basta dividir o valor em ppm por 10.000:

$$\begin{array}{l} 1.000.000 \text{ g da amostra} \text{ ----- } 900 \text{ g de P} \\ 100 \text{ g da amostra} \text{ ----- } x \\ x = 0,09 \text{ g ou } 0,09\% \end{array}$$

Exigências Nutricionais - As exigências nutricionais de minerais para bovinos de corte, encontram-se na Tabela 1, que é uma reprodução do NRC - National Research Council de 1984. Na presente formulação, a suplementação de cálcio, fósforo, magnésio e enxofre segue as exigências mínimas do NRC (1984). Entretanto, no caso do sódio, como a mistura será fornecida à vontade (*ad libitum*), os animais podem consumir mais de 800 ppm de sódio na matéria seca da dieta. Assim, nos cálculos práticos de misturas minerais, quando o consumo de sódio é feito *ad libitum*, Sousa (1995) recomenda considerar as exigências de sódio do NRC (1970), que são de 0,1 % (1000 ppm) de sódio na matéria seca da dieta. Com relação aos microelementos ferro e manganês, serão usados os níveis recomendados pelo NRC (1984). Contudo, para o cobalto, na prática de formulação de misturas minerais são geralmente usados níveis mais elevados de suplementação do que o indicado pelo NRC (1984); Sousa (1995) recomenda 0,4 ppm de cobalto.

Tabela 1. Exigências nutricionais de minerais para bovinos de corte, expressas na matéria seca do alimento.

Elementos minerais	Nível sugerido	Nível tóxico
Macroelementos:		
Cálcio, %	0,17-0,48 ^a	2,00
Fósforo, %	0,17-0,28 ^a	1,00
Magnésio, %	0,10	0,40
Potássio, %	0,65	3,00
Sódio, %	0,08	10,00
Enxofre, %	0,10	0,40
Microelementos:		
Ferro, ppm	50	1000
Zinco, ppm	30	500
Cobre, ppm	8	115
Manganês, ppm	40	1000
Iodo, ppm	0,50	50
Cobalto, ppm	0,10	5
Selênio, ppm	0,20	2
Molibdênio, ppm	-----	6
Flúor, ppm	-----	20-100

Fonte: NRC (1984); ^a Para animais de 450 kg de peso vivo com ganhos diários de 0,5 - 1,0 kg recomenda-se 0,21 % de cálcio e 0,18 % de fósforo, respectivamente.

Cálculo da Mistura Mineral - No cálculo da mistura mineral, tomar-se-á como padrão um animal de 450 kg de peso vivo (P.V.) e que consuma 10 kg de matéria seca/dia. Este animal padrão é denominado de uma unidade animal (1 U.A.), sendo representado por uma vaca seca. Contudo, sabe-se que as vacas de corte das raças nacionais, geralmente, pesam menos de 450 kg de P.V. e nem sempre consomem 10 kg de matéria seca por dia. Sabe-se, também, que o consumo de um bovino é proporcional ao seu peso vivo. Assim, quando se calcula uma mistura mineral para 1 U.A., a mistura mineral poderá ser fornecida aos bovinos de todas as categorias, sendo os consumos estimados de acordo com o peso vivo médio dos animais em questão.

1) Cálculo de fósforo:

Exigência = 0,18% ou 1.800 ppm de P (Tabela 1)

Análise da forrageira = 0,13% ou 1.300 ppm de P

Nível de suplementação = 1.800 - 1.300 = 500 ppm de P na MS da dieta.

Como ppm = mg/kg, temos que:

500 ppm de P = 500 mg de P/kg de MS da dieta

500 ppm de P = 5000 mg de P/10 kg de MS da dieta

Considerando que um animal de 450 kg de peso vivo consome cerca de 10 kg de MS/dia, esta quantidade poderá ser representada da seguinte maneira:

5000 mg de P/animal de 450 kg de peso vivo ou,

5 g de fósforo/U.A./dia

Fonte de fósforo: fosfato bicálcico = 18% de fósforo (Tabela 2).

100 g de fosfato bicálcico ----- 18 g de P

x ----- 5 g de P

x = 27,778 g de fosfato bicálcico (Tabela 3).

2) Cálculo do cálcio:

Exigência = 0,21 % ou 2100 ppm de Ca

Análise da forragem = 0,20 % de Ca ou 2000 ppm de Ca

Nível de suplementação = 2100 - 2000 = 100 ppm de Ca

100 ppm de Ca = 100 mg de Ca/kg de MS da dieta
= 1000 mg de Ca/10 kg de MS da dieta
= 1,0 g de Ca/U.A./dia

Fonte de cálcio: fosfato bicálcico = 23,3 % de Ca (Tabela 2).

O fosfato bicálcico possui 23,3 % de cálcio. A quantidade calculada para fornecimento de fósforo foi de 27,778 g de fosfato bicálcico. Desse modo, a contribuição do fosfato bicálcico em cálcio foi:

100 g de fosfato bicálcico	-----	23,3 g de Ca
27,778 g de fosfato bicálcico	-----	x

x = 6,472 g de cálcio

Assim, não será necessário suplementar com mais outra fonte de cálcio, tendo em vista que o fosfato bicálcico já contribui com uma quantidade de cálcio que satisfaz as necessidades dos animais.

3) Cálculo do magnésio

Exigência = 0,10 % ou 1000 ppm de Mg (Tabela 1)

Análise da forrageira = 0,085 % ou 850 ppm de Mg

Nível de suplementação = 1000 - 850 = 150 ppm de Mg na MS da dieta.

150 ppm de Mg = 150 mg de Mg/kg de MS da dieta
= 1500 mg de Mg/10 kg de MS da dieta
= 1500 mg de Mg/animal de 450 kg de peso vivo
= 1,5 g de Mg/U. A./dia

Fonte de magnésio: óxido de magnésio = 60,3 % de magnésio (Tabela 2).

100 g de óxido de magnésio	-----	60,3 g de Mg
x	-----	1,5 g de Mg

x = 2,488 g de óxido de magnésio (Tabela 3).

4) Cálculo do zinco

Exigência = 30 ppm de Zn (Tabela 1).

Análise da forrageira = 5 ppm de Zn

Nível de suplementação = 30 - 5 = 25 ppm de Zn na MS da dieta

Nível de suplementação = 25 ppm de Zn = 25 mg de Zn/kg de MS da dieta
= 250 mg de Zn/10 kg de MS da dieta
= 250 mg de Zn/animal de 450 kg de peso vivo
= 0,25 g de Zn//U.A./dia

Fonte de zinco: óxido de zinco = 80,3% de zinco (Tabela 2).

100 g de óxido de zinco ----- 80,3 g de Zn

x ----- 0,25 g de Zn

x = 0,311 g de óxido de zinco (Tabela 3).

Usando-se do mesmo raciocínio pode-se chegar também aos valores de sulfato de cobre, iodato de potássio e enxofre em pó, correspondentes a cobre, iodo e enxofre (Tabela 3).

5) Cálculo do cobalto

Exigência = 0,10 ppm de Co (Tabela 1).

Análise da forrageira = 0,01 ppm de Co

Nível de suplementação = 0,4 ppm na MS da dieta, segundo recomendação de Sousa (1995).

No caso do cobalto, na prática de formulação de misturas minerais, são geralmente usados níveis mais elevados de suplementação, conforme recomendação de Sousa (1995). Por isso, tomou-se um nível de suplementação de 0,4 ppm de cobalto na matéria seca da dieta.

0,4 ppm de Co = 0,4 mg de Co/kg de MS da dieta

= 4,0 mg de Co/10 kg de MS da dieta

= 4,0 mg de Co/animal de 450 kg de peso vivo

= 0,004 g de Co/U.A./dia

Fonte de cobalto: sulfato de cobalto = 24,8% de Cobalto (Tabela 2).

100 g de sulfato de cobalto ----- 24,8 g de Co

x ----- 0,004 g de Co

x = 0,016 g sulfato de cobalto//U.A./dia (Tabela 3).

6) Cálculo do Selênio

Exigência = 0,2 ppm (Tabela 1).

Análise da forrageira = 0,01 ppm

Nível de suplementação = 0,2 ppm

0,2 ppm de selênio = 0,2 mg de Se/kg de MS da dieta

= 2,0 mg de Se/10 kg de MS da dieta

= 2,0 mg de Se/animal de 450 kg de peso vivo

= 0,002 g de Se/U. A./dia

Fonte de selênio: selenito de sódio = 45 % de selênio (Tabela 2).

100 g de selenito de sódio ----- 45 g de Selênio

x ----- 0,002 g de selênio

x = 0,004 g de selenito de sódio (Tabela 3).

7) Cálculo do Sódio

Exigência de sódio = 0,08 % ou 800 ppm (Tabela 1).

Análise da forrageira = 0,005% ou 50 ppm

Nível de suplementação = 1000 ppm

O NRC (1984) recomenda para o sódio 0,08 % (800 ppm) na matéria seca da dieta. Entretanto, quando o sódio é fornecido à vontade, os animais podem consumir mais sódio do que 800 ppm na matéria seca da dieta. Nos cálculos práticos de misturas minerais, quando o consumo de sódio é feito *ad libitum*, Sousa (1995) recomenda considerar as exigências de sódio do NRC (1970), que são de 0,1% (1000 ppm) de sódio na matéria seca da dieta. Assim, considerou-se o nível de suplementação de 1000 ppm de sódio.

1000 ppm de sódio = 1000 mg de Na/kg de MS da dieta
 = 10000 mg de Na/10 kg de MS da dieta
 = 10000 mg de Na/animal de 450 kg de peso vivo
 = 10 g de Na/U.A./dia

Tabela 2. Fontes de minerais para bovinos.

Elemento	Nome do produto	Fórmula	% Elemento		Forma Física do Produto
Cálcio e Fósforo	Fosfato bicálcico	CaHPO ₄ .2H ₂ O	Ca	P	Cristais brancos
	Farinha de ossos autoclavada	Ca ₃ (PO ₄) ₂ .CaX	23,3	18,2	Farinha
	Fosfato de rocha desfluorado	Ca ₃ (PO ₄) ₂ .CaX	30,1	14,5	Pó ligeiramente solúvel
	Carbonato de cálcio	CaCO ₃	29,2	13,3	Pó branco
	Calcário calcítico	CaCO ₃	40,0		Pó insolúvel
	Calcário dolomítico	CaCO ₃ .Mg CO ₃	38,5		Pó insolúvel
	Farinha de ostras	CaCO ₃ .CaX	22,3		Granulada
	Fosfato dibásico de amônio		38,0		Cristais brancos
			23,5		
Cloro e sódio	Cloreto de sódio	NaCl	Cl	Na	Cristais brancos
			60	37	
Cobalto	Carbonato de cobalto	CoCO ₃	Co		Cristais vermelhos
			49,5		
			Cristais vermelho - escuro		
	Cloreto de cobalto	CoCl ₂ . 6H ₂ O	24,7		Cristais vermelhos
			24,8		
Iodo	Iodato de cálcio	Ca (IO ₃) ₂	I		Cristais brancos
			62,0		
	Iodato de potássio	KI O ₃	59,0		Cristais brancos
Manganês	Carbonato de manganês	Mn CO ₃	Mn		Pó avermelhado
			47,8		
			Cristais avermelhados		
	Sulfato de manganês	MnSO ₄ . H ₂ O	32,5		
Cobre	Cloreto de cobre	CuCl ₂ . 2 H ₂ O	Cu		Cristais vermelhos
			37,2		
			Pó preto		
	Óxido de cobre	Cu O	80,0		
	Sulfato de cobre	CuSO ₄ . 5 H ₂ O	25,5		Cristais azuis
Ferro	Sulfato ferroso anidro	Fe SO ₄	Fe		Pó solúvel
			36,7		
	Carbonato ferroso	Fe CO ₃ . H ₂ O	41,7		Pó ligeiramente solúvel
Zinco	Sulfato de zinco	Zn O ₄ . 7 H ₂ O	Zn		Cristais brancos
			22,7		
	Óxido de zinco	Zn O	80,3		Pó branco
Magnésio	Óxido de magnésio	Mg O	Mg		Pó branco
			60,3		
	Sulfato de magnésio	MgSO ₄ . 7 H ₂ O	9,9		Cristais brancos
Enxofre	Enxofre em pó	S ^o	96		Pó amarelo
Selênio	Selenito de sódio	Na ₂ SeO ₃	Se		Cristais brancos
			45		

Fonte: Campos (1980)

Fonte Sódio: cloreto de sódio = 37% de sódio (Tabela 2).

100 g de cloreto de sódio ----- 37 g de sódio
x ----- 10 g de sódio

x = 27,027 g de cloreto de sódio (Tabela 3).

Mistura Mineral em Percentagem - A fim de facilitar o preparo da mistura, transforma-se os valores de consumo das fontes de minerais/unidade animal/dia para percentagem (Tabela 3). Exemplo do cálculo:

27,778 g de fosfato bicálcico ----- 58,909 g da mistura
x ----- 100 g da mistura

x = 47,154 g ou 47,154 % de fosfato bicálcico

A Tabela 3 mostra as fontes de minerais usadas, o provável consumo /unidade animal/dia e a percentagem de cada ingrediente na mistura mineral. Assim, um bovino ao ingerir 58,909 g da mistura consome aproximadamente 27 g de cloreto de sódio (10 g de sódio) e geralmente perde o apetite pela mistura mineral. Desse modo, é importante que todos os ingredientes da mistura mineral sejam bem homogeneizados com o cloreto de sódio, a fim de que o consumo seja semelhante ou aproximadamente o mesmo do previamente calculado.

Tabela 3. Fontes de minerais, consumo por unidade animal/dia e percentagem dos ingredientes na mistura mineral.

Fonte	Consumo em g/U. A. /dia	Composição em %
Fosfato bicálcico	27,778	47,154
Óxido de magnésio	2,488	4,223
Óxido de zinco	0,311	0,528
Sulfato de cobre	0,235	0,399
Sulfato de cobalto	0,016	0,027
Iodato de potássio	0,008	0,014
Enxofre em pó	1,042	1,769
Selenito de sódio	0,004	0,007
Cloreto de sódio	27,027	45,879
Total	58,909	100,000

REFERÊNCIAS

AGOSTINI, J. A. G.; KAMINSKI, J. Estudo preliminar das concentrações de nutrientes minerais de solos e pastagens naturais ocorrentes em diferentes regiões do Rio Grande do Sul. **Revista Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, RS, v. 6, n. 4, 385-406, 1976.

AMMERMAN, C. B.; VALDIVIA, R.; ROSA, I. V. et al. Effect of sand or soil as a dietary component on phosphorus utilization by sheep. **Journal of Animal Science**, v.59, n.4, p. 1092-1099, 1984.

ANDREASI, F.; MENDONÇA JÚNIOR, C. X.; VEIGA, J. S. M. et al. Levantamentos dos elementos minerais em plantas forrageiras de áreas delimitadas do Estado de São Paulo. I. Cálcio, fósforo e magnésio. **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária**, São Paulo, v. 7, n. 3, p. 583-604, 1966/67.

CAIELLI, E. L.; Alimentação. In: ENCONTRO DE ATUALIZAÇÃO EM PASTAGENS, 1, Nova Odessa, 1974. **Anais...** Nova Odessa, SP: Instituto de Zootecnia, 1974. v. 2

CAMARÃO, A. P.; MATOS, A. de O.; BATISTA, H. A. H. Teores de minerais de capim canarana-erecta-lisa (*Echinochloa*

pyramidalis) em três idades. Belém, PA: EMBRAPA/CPATU, 1988. 12 p. (Circular Técnica, 54)

CAMPOS, J. **Tabelas para cálculo de rações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1980. 61 p.

CAVALHEIRO, A. C. L.; TRINDADE, D. S. Concentrações de cálcio, magnésio, sódio e potássio em pastagens nativas do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 21, n. 3, p. 418-428, 1992.

GALLO, J. R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R. et al. Composição química inorgânica de forrageiras do Estado de São Paulo. **Boletim de Indústria Animal**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 115-138, 1974.

GOMIDE, J. A. Composição mineral de gramíneas e leguminosas. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, Belo Horizonte: UFMG, UFV, ESAL, EPAMIG, **Anais...** 1976. p. 20-33.

HADDAD, C. M. Carências minerais: aspectos relacionados com a deficiência de cobre no organismo animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 6, 1980, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/CATI, 1980. p. 80.

HADDAD, C. M.; PLATZECK, C. O. Administração e consumo de um suplemento mineral. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, MINERAIS PARA RUMINANTES, 3, 1985, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1985. p.67-86.

LOPES, H. O. S.; FICHTNER, S. S.; JARDIM, E. C et al. Teores de cobre e zinco em amostras de tecido animal. **Arquivo da Escola de Veterinária**, Belo Horizonte, v. 32, n. 2, p. 151-159, 1980.

McDOWELL; CONRAD, J. H.; ELLIS, C. L. et al. **Minerals for grazing ruminants in tropical regions**. Gainesville: University of Florida, 1983. 87p.

NASCIMENTO JÚNIOR, D., SILVA, J. F. C.; PINHEIRO, J. S. Teores de alguns minerais no capim-jaraguá em várias idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 5, n. 1, p. 48-55, 1976.

NRC - National Research Council. Subcommittee on beef cattle nutrition. **Nutrients requirements of beef cattle**. 4th ed. Washington, D. C.: National Academy of Science, 1970. 55 p.

NRC - National Research Council. Subcommittee on beef cattle Nutrition. **Nutrients requirements of beef cattle**. 6th ed. Washington, D. C.: National Academy of Science, 1984. 56 p.

PEREIRA, J. A. A.; SILVA, D. J.; BRAGA, J. M. et al. Teores de fósforo, cobre e cobalto em algumas pastagens de Teófilo Otoni, MG. **Experientiae**, Viçosa, MG, v.12, n. 6, p. 155-188, 1971.

POSSENTI, R. A.; LOBÃO, A. de O.; RIBEIRO, W. R. et al. Determinações minerais em forragens e tecidos de bovinos. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, SP, v. 49, n. 2, p. 131-144, 1992.

ROSA, I. V.; HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B. Interrelationship of dietary phosphorus, aluminium and iron on performance and tissue mineral composition in lambs. **Journal of Animal Science**, v.55, p.1231- 1240, 1982.

SANTIAGO, A. M. H.; CAMARGO, W. V. A.; NAZARIO, W. et al. Estudos de elementos minerais de interesse para a bovinocultura de corte, nos solos, forrageiras e tecidos animais, em áreas da região Centro - Oeste do Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 53, n. 1/4, p. 1-14, 1986.

SANTOS, M.; SAMPAIO, M. R. P.; FERNANDES, N. S. Determinação do teor de cobre, cobalto e vitamina B12 em fígado de bovinos e capim de algumas regiões do Estado de São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 163-167, 1970.

SILVA, G. N. da; MENDES, M. de O.; FREIRE, L. R. Teores de alguns nutrientes minerais em três gramíneas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 11, n. 1, p.151-167, 1982.

SHIRLEY, R. L.; CARVALHO, J. H. de Água como fonte de minerais. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte: UFMG, UFV, ESALQ, EPAMIG, ESAL, **Anais...** 1976. p. 34-50.

SOUSA, J. C. de **Formulação de misturas minerais para bovinos**. In: **Nutrição de bovinos: conceitos básicos e aplicados**. Editado por Aristeu Mendes Peixoto e outros. 5.ed. Piracicaba: FEALQ,1995. p. 473-489 (FEALQ, Série Atualização em Zootecnia, 7).

SOUSA, J. C.; CONRAD, J. H.; BLUE, W. C. et al. Interrelações entre minerais no solo, plantas forrageiras e tecido animal. 2. Cobre e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 335-341, 1980.

SOUSA, J. C.; CONRAD, J. H.; BLUE, W. G. et al. Interrelações entre minerais, no solo, plantas forrageiras e tecido animal. 3. Manganês, ferro e cobalto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 5, p. 739-746, 1981.

SOUSA, J. C.; DARSIE, G. Deficiências minerais em bovinos de Roraima, Brasil. I. Zinco e cobalto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 11, p. 1309-1316, 1985.

SOUSA, J. C.; GOMES, R. F. C.; SILVA, J. M. et al. Suplementação mineral de novilhos de corte em pastagens adubadas de capim-colonião. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 259-269, 1985.

SOUSA, J. C.; GONÇALVES, E. M.; VIANA, J. A. C. et al. Deficiências minerais em bovinos de Roraima, Brasil. III. Cálcio e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 12, p. 1327-1336, 1986.

SOUSA, J. C.; GONÇALVES, E. M.; VIANA, J. A. C. et al. Deficiências minerais em bovinos de Roraima, Brasil, IV. Magnésio, sódio e potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 89-98, 1987.

TEIXEIRA, T.; CAMPOS, J.; BRAGA, J. M. et al. Deficiência de fósforo, cobre e cobalto em pastagens do município de Morrinhos, Goiás. **Experientiae**, Viçosa, MG, v. 12, n. 3, p. 63-87, 1971.

TOKARNIA, H. C.; CANELLA, C. F. C.; DOBEREINER, J. Deficiência de cobre em bovinos no delta do Rio Parnaíba, nos Estados do Piauí e Maranhão. **Arquivos do Instituto Biológico**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 25-32, 1960.

TOKARNIA, H. C.; CANELLA, C. F. C.; GUIMARÃES, J. A. et al. Deficiências de cobre e cobalto em bovinos e ovinos no Nordeste e Norte do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 3, p. 351-360, 1968.

TOKARNIA, H. C.; DOBEREINER, J.; CANELLA, C. F. C. et al. Ataxia enzootica em cordeiros na costa do Piauí. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 1, p. 375-382, 1966.

CAPÍTULO 18

**EFEITOS DA ADIÇÃO DE GORDURA SUPLEMENTAR
À RAÇÃO DE BOVINOS SOBRE O METABOLISMO
DA GLÂNDULA MAMÁRIA, A QUALIDADE DO
LEITE E DA CARNE E A PRODUÇÃO DE
ALIMENTOS FUNCIONAIS**

Soraya Maria Palma Luz Jaeger & Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira

EFEITOS DA ADIÇÃO DE GORDURA SUPLEMENTAR À RAÇÃO DE BOVINOS SOBRE O METABOLISMO DA GLÂNDULA MAMÁRIA, A QUALIDADE DO LEITE E DA CARNE E A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS FUNCIONAIS

Soraya Maria Palma Luz Jaeger¹; Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira¹

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: sljaeger@ufrb.edu.br; gajocaol@ufrb.edu.br

INTRODUÇÃO

A adição de gordura suplementar à ração de bovinos é uma estratégia alimentar que vem sendo bastante utilizada como alternativa economicamente viável, na tentativa de aumentar a densidade energética da dieta, tanto para gado de corte em confinamento, como para vacas de leite de alta produção.

Recomenda-se que a suplementação lipídica para vacas de leite seja feita no início do pós-parto, visando corrigir o déficit energético ocasionado pelo baixo consumo de alimentos e o aumento da demanda de energia para a lactação, característicos deste período. Já no caso do gado de corte, a recomendação da adição de gordura é feita para as dietas de terminação, proporcionando maior ganho de peso em níveis mais baixos de consumo.

As fontes lipídicas fornecidas aos bovinos, são variadas, podendo conter misturas de gordura vegetal e animal, sebo, óleo de farinha de peixe, óleo de sementes, que por sua vez, apresentam perfis de ácidos graxos também variáveis, tanto no comprimento de cadeia, quanto no grau de saturação, podendo estar complexadas com o cálcio, sendo consideradas, neste caso, ruminalmente inertes.

O desenvolvimento de pesquisas utilizando uma ampla variedade de fontes dietéticas de gordura tem buscado, principalmente: a) minimizar os efeitos negativos dos lipídios sobre a fermentação ruminal; b) reduzir os teores de gordura saturada da carne e do leite; c) produzir os chamados alimentos funcionais (i.e. alimentos que contém compostos que agem como farmacêuticos, melhorando a saúde humana).

Entretanto, além dos efeitos sobre a fermentação ruminal e a composição do perfil de ácidos graxos do leite e da carne, o fornecimento de gordura adicional pode influenciar outros aspectos fisiológicos dos ruminantes, que apesar de menos estudados, também devem ser considerados quando se recomenda a suplementação lipídica.

Neste capítulo será feita uma avaliação das perspectivas do uso de fontes lipídicas em dietas de ruminantes e sua influência sobre o metabolismo da glândula mamária, a qualidade do leite e da carne, bem como a importância desta prática na produção dos alimentos funcionais.

Efeitos da suplementação lipídica sobre o metabolismo da glândula mamária

A glândula mamária é o maior sítio de triglicerídeos dos ruminantes. Do total de calorias do leite destes animais, 50% provêm da gordura (Van Soest, 1994) que é composta por cerca de 95% de triglicerídeos, apresentando, portanto, composição totalmente diversa daquela encontrada nas reservas corporais ou no leite de não ruminantes (Kinght et al., 1994).

A composição de ácidos graxos do leite dos ruminantes reflete a natureza dos lipídios da dieta, bem como os efeitos do metabolismo ruminal dos ácidos graxos e a síntese destes ácidos no intestino, glândula mamária e tecido adiposo. O perfil médio de ácidos graxos do leite de bovinos foi descrito por Palmquist et al. (1993) e é apresentado na Tabela 1.

A principal peculiaridade do leite de ruminantes consiste na presença de ácidos graxos de cadeia curta (produzidos na síntese lipídica da glândula mamária), ao contrário do que é observado na maioria dos leites das outras espécies.

A glândula mamária é dependente do suprimento sanguíneo que fornece substâncias, em proporções adequadas, para sustentar a síntese láctea. A disponibilidade destas substâncias é definida como o produto de sua concentração no sangue e do fluxo sanguíneo no úbere (Davis & Collier, 1985).

Tabela 1. Composição padrão de ácidos graxos da gordura do leite de vaca (Adaptado de Palmquist et al., 1993).

Ácido graxo	Teor (g 100 g ⁻¹ de gordura)
C _{4:0} (ac. butírico)	3,32
C _{6:0} (caproico)	2,34
C _{8:0} (caprílico)	1,19
C _{10:0} (cáprico)	2,81
C _{12:0} (laurico)	3,39
C _{14:0} (mirístico)	11,41
C _{14:1} (miristoleico)	2,63
C _{16:0} (palmitico)	29,53
C _{16:1} (palmitoleico)	3,38 (60,0%)
C _{18:0} (esteárico)	9,84
C _{18:1} (oleico)	27,39
C _{18:2} (linoleico)	2,78 (40,0%)

A grande maioria dos ácidos graxos de até 16 carbonos presentes no leite de ruminantes, são sintetizados na própria glândula mamária, principalmente a partir do acetato e do butirato. O β -hidroxibutirato parece responder mais pela síntese de ácidos graxos de cadeia curta, ao passo que o acetato responde principalmente pela formação de ácidos graxos de cadeia mediana (10-14 carbonos) por intermédio da formação do *primer* preferencial malonil-CoA e posterior ação da enzima ácido graxo sintase, no alongamento da cadeia (Palmquist et al., 1993). Os ácidos graxos de cadeia longa, por sua vez, são de origem sanguínea, e não da síntese local, sendo sua concentração dependente da ação da enzima lipoprotéica lipase no endotélio capilar mamário (Davis & Collier, 1985).

Os ácidos graxos saturados que são captados pela glândula mamária são então dessaturados pela ação da enzima dessaturase, o que resulta num valor mais baixo da proporção C_{18:0}/C_{18:1} em comparação à digesta duodenal. Ao que tudo indica, este mecanismo encontrado em todos os ruminantes tem a função de preservar a fluidez do leite (Demeyer & Doreau, 1999).

Em suma, o processo de produção de leite engloba inter-relações complexas entre eventos de absorção, síntese, oxidação e excreção.

Tem sido relatado que a suplementação lipídica, procedimento comum na alimentação de vacas leiteiras de alta produção no início da lactação, leva a efeitos depressivos sobre o teor de gordura do leite. Essa redução, que durante muito tempo foi associada a limitações no nível de substrato (acetato e β -hidroxibutirato) para a síntese de ácidos graxos na glândula mamária, resultante do efeito tóxico dos lipídios sobre as bactérias fibrolíticas tem sido, mais recentemente, relacionada aos ácidos graxos *trans*-C_{18:1}, os quais, provavelmente exercem influência sobre a síntese de novo e/ou a esterificação de ácidos graxos na glândula mamária, embora estes mecanismos ainda não estejam bem elucidados.

Fornecendo diferentes fontes de gordura suplementar a vacas em lactação, Wonsil et al. (1994), observaram redução no teor de gordura do leite e aumento do fluxo de *trans*-C_{18:1} para o duodeno. Ao estabelecerem regressão entre o fluxo duodenal e concentração de *trans*-C_{18:1} no leite com a percentagem de gordura no leite, foi observada relação negativa em ambos os casos, sugerindo que a quantidade de *trans*-C_{18:1} que chega à glândula e é incorporada ao leite, ditaria a extensão da depressão no teor de gordura.

Gaynor et al. (1994) infundiram no abomaso de vacas holandesas misturas de ácidos graxos ricas em isômeros *cis*-C_{18:1} (tratamento CIS) ou *trans*-C_{18:1} (tratamento TRANS) e observaram redução no teor de gordura do leite de vacas submetidas ao tratamento TRANS (Tabela 2). Segundo estes autores duas teorias podem estar efetivamente envolvidas na redução do teor de gordura do leite pela suplementação com lipídios. Em primeiro lugar, a ação inibitória do *trans*-C_{18:1} sobre a enzima acil-transferase (que atua na esterificação de ácidos graxos) na glândula mamária e, em segundo lugar, a maior concentração de citrato no leite, observada no tratamento TRANS, pode indicar redução do requerimento de NADPH para a síntese de ácidos graxos (redução da ação da isocitrato desidrogenase), limitando, conseqüentemente, a intensidade de ocorrência do ciclo de Krebs na glândula mamária. Assim, haveria efeito negativo da presença do *trans*-C_{18:1} sobre o processo de síntese lipídica na glândula mamária.

Tabela 2. Produção diária de leite, gordura e *trans*-C_{18:1}, concentração de citrato no leite e fluxo duodenal de *trans*-C_{18:1}, em vacas holandesas.

Variável	Tratamentos		
	Controle	CIS	TANS
Fluxo <i>trans</i> -C _{18:1} (g dia ⁻¹)	2	2	308
Leite (kg dia ⁻¹)	47,0	46,3	47,0
Gordura (kg dia ⁻¹)	1,605	1,512	1,211
Gordura (%)	3,45	3,27	2,59
<i>trans</i> -C _{18:1} no sangue ¹	0,4	0,7	2,6
Citrato no leite (mmol l ⁻¹)	7,83	8,68	9,99

¹ Dados em g 100 g⁻¹ de ésteres de ácidos graxos. Fonte: adaptado de Gaynor et al. (1994).

Kalscheur et al. (1997) e Griinari et al. (1998) afirmaram que, embora o *trans*-11-C_{18:1} (ácido vacínico) seja na maioria das vezes apontado como mais influente na ocorrência da síndrome do baixo teor de gordura do leite, outros isômeros *trans*-C_{18:1} podem ser formados e dúvidas se erguem se outra forma isomérica possa ter ação mais potente sobre o metabolismo da glândula mamária.

Dietas ricas em lipídios (ruminalmente inertes ou não), também têm sido associadas a reduções entre 0,10 a 0,15 unidades percentuais na proteína do leite (Canale et al., 1990; DePeters & Cant, 1992).

Dados de 83 experimentos de diversos autores, sumarizados por Wu & Huber (1994), avaliando a influência da suplementação lipídica com diferentes fontes (óleos e gordura animal, sais de cálcio de ácidos graxos, sebo protegido, sebo, caroço de algodão, soja integral e gordura amarela) com teor de gordura variando entre 5 a 8% da MS (e algumas exceções com 17% da MS), sobre o consumo de matéria seca e porcentagem e produção de proteína do leite, comparadas a dietas controle (contendo, em média, 3% de gordura na MS), também relatam reduções dentro da faixa citada. Na comparação entre os diversos resultados, não foram observadas interações relacionadas à fonte de lipídio suplementar, sugerindo que a depressão da proteína do leite ocorre independente do tipo de gordura suplementar, sendo a magnitude da depressão similar para as diversas fontes.

Dentre as frações da proteína do leite, a caseína é a mais susceptível à depressão associada ao fornecimento de dietas ricas em lipídios (Chow et al., 1990; Cant et al., 1991; Polan & Fisher, 1993). Como a caseína é sintetizada *de novo* na glândula mamária, acredita-se que o mecanismo causador da depressão da proteína do leite, pela adição de gordura suplementar à dieta, resida no tecido mamário.

Para determinar as causas da redução da porcentagem de proteína do leite, Wu & Huber (1994) resumiram as comparações entre mudanças na produção e teor de proteína do leite para dietas com gordura suplementar em experimentos individuais (Tabela 3).

Nesta comparação concluiu-se que a diminuição da concentração da proteína do leite durante a suplementação lipídica, deva estar associada a uma inadequação dos aminoácidos essenciais disponíveis para a síntese de proteína do leite na glândula mamária, à medida que a produção (volume) de leite é estimulada pela suplementação. Os mesmos autores acrescentam que manipulações dietéticas para aumentar a absorção de aminoácidos limitantes ou para incrementar a síntese protéica microbiana ruminal seriam indicadas para amenizar este problema.

Tabela 3. Mudanças relativas na produção de leite e na proteína do leite de vacas recebendo dietas com gordura suplementar comparadas a dietas controle (adaptado de Wu & Huber, 1994).

Mudanças relativas na produção de leite e proteína do leite	Nº de comparações	Razões aparentes para mudanças
Aumento proteína > aumento do leite	10	O consumo de matéria seca foi mantido
Proteína diminuiu, mas leite aumentou	11	Consumo da MS diminuído; gordura dietética acima das recomendações
Proteína e leite diminuíram	15	Início da lactação; gordura dietética acima das recomendações
Aumento proteína < aumento do leite	45	Diluição da proteína pelo aumento da produção de leite
Nenhuma mudança	2	-
Total	83	

Suplementação lipídica vs. qualidade do leite e da carne

A qualidade dos produtos de origem animal tem sido freqüentemente associada à natureza da fração lipídica neles contida. Desde que o elevado consumo de gordura saturada passou a ser apontado por médicos e nutricionistas como principal causa de doenças cardiovasculares em humanos, o conhecimento das particularidades da digestão, absorção, transporte e metabolismo dos lipídios, bem como da manipulação do perfil de ácidos graxos nos tecidos dos ruminantes, passaram a ser objeto de inúmeras pesquisas visando a melhoria das qualidades nutricionais da carne, do leite e seus derivados.

Ao contrário do que ocorre nos monogástricos, o aumento do fornecimento de gordura insaturada na dieta tem efeito limitado sobre o conteúdo de ácidos graxos insaturados (AGI) nos tecidos ou no leite de ruminantes. Ao que parece, a biohidrogenação ruminal, que ocorre por ação microbiana, levando à redução de 70-90% do teor de ácidos graxos polinsaturados (AGPI) da digesta, transformando-os em ácidos graxos saturados (principalmente o ácido esteárico) ou isômeros *trans* de ácidos graxos monoinsaturados (Chilliard, 1993), é um dos principais fatores relacionados à baixa proporção de ácidos graxos polinsaturados na gordura destes animais.

Inúmeras técnicas, físicas e químicas, têm sido sugeridas para tentar proteger a gordura suplementar fornecida aos ruminantes contra a biohidrogenação e, conseqüentemente, aumentar o fluxo de AGI para o intestino delgado. A proteção dos lipídios com proteínas tratadas com formaldeído é uma delas. Esta técnica parece ser bastante eficiente quando se deseja incrementar a absorção intestinal de ácidos graxos polinsaturados. Entretanto, em diversos países, o uso da proteção com formaldeído é proibido devido ao suposto efeito cancerígeno deste tratamento.

Um exemplo de proteção química que vem sendo bastante empregada é a complexação das gorduras com cálcio. Além de proteger os ácidos graxos insaturados contra a biohidrogenação, os chamados "sais de cálcio" são considerados ruminalmente inertes, não interferindo negativamente sobre a digestibilidade da fibra. Entretanto, Van Nevel & Demeyer (1996) afirmaram que quanto mais baixo o pH ruminal (i.e. quando as dietas são ricas em concentrado) ou quanto maior for o teor de ácidos graxos insaturados da gordura complexada, maior será a dissociação dos sais de cálcio, o que pode trazer sérias limitações a este tipo de proteção.

Ainda que se consiga aumentar o fluxo duodenal de ácidos graxos insaturados e, conseqüentemente, incrementar a absorção dos mesmos, deve-se lembrar que a composição química e a taxa de secreção das lipoproteínas estão entre os principais fatores que controlam a utilização de lipídios pelos tecidos e, portanto, as características qualitativas e quantitativas da produção de carne e leite. Pesquisas recentes nessa área têm aperfeiçoado o conhecimento da influência das lipoproteínas na partição dos lipídios entre a musculatura esquelética, o fígado e o tecido adiposo, nos animais de corte, e na contribuição dos lipídios para a síntese de gordura do leite.

Como já foi comentada anteriormente, a suplementação lipídica, estratégia freqüentemente usada para atingir os requisitos de energia das vacas de alta produção no período do pós-parto, pode alterar o teor de gordura e a composição de ácidos graxos do leite, inibindo a incorporação e/ou a síntese *de novo*.

Tem-se observado que os ácidos graxos poliinsaturados presentes na carne e no leite de ruminantes, possuem propriedades que reduzem a concentração plasmática de colesterol em humanos. O mecanismo pelo qual os ácidos graxos insaturados diminuem os níveis de LDL-colesterol tem sido investigado intensamente. Porém, reduções do colesterol propiciadas por dietas ricas em AGPI ocorrem associadas à redução de HDL-colesterol (Mensik & Katan, 1989).

A redução do LDL-colesterol ocasionada pelos AGPI não é somente pela substituição dos ácidos graxos saturados, mas também devido a alguma atividade daqueles. O mecanismo de redução do LDL-colesterol pelo consumo de dietas ricas em ácidos graxos poliinsaturados é o oposto ao demonstrado pelos ácidos graxos saturados, ou seja, incremento da função do receptor de LDL e redução da secreção de lipoproteína-colesterol pelo fígado (Stipanuk, 2000).

Há ainda estudos que diferenciam os efeitos dos AGPI de acordo com a posição da dupla ligação (-3 ou -6). Segundo Connor et al. (1981), os AGPI -3 são mais potentes em reduzir o colesterol que os AGPI -6.

A influência positiva dos AGPI -3 nas doenças cardiovasculares em humanos sugere que seria benéfico aumentar os teores de tais ácidos no leite. Kennelly (1996) afirma que a única maneira de aumentar o teor de ácido linoléico no leite seria a suplementação de lipídios protegidos com proteína. Gordura não protegida, sementes oleaginosas e sais de cálcio não resultam em conteúdo de ácido linoléico maior que 5mg/100mg do total de ácidos graxos do leite. Da mesma maneira, o enriquecimento do leite com ácido linolênico só seria possível com o fornecimento de gordura (p. ex. óleo de linhaça) protegida contra a biohidrogenação.

Tem-se encontrado altos níveis de *trans*-C_{18:1} no leite, quando são fornecidas dietas contendo óleo de peixe, óleos ricos em ácido linoléico e óleos parcialmente hidrogenados contendo diferentes isômeros *trans*- 18:1. Acredita-

se que uma combinação entre altos níveis de concentrado e uma suplementação com óleos de peixe ou óleos ricos em ácido linoléico poderiam aumentar a produção de *trans*-18:1, devido a menores taxas de hidrogenação no rúmen (Demeyer & Doreau, 1999).

De maneira diversa à produção de leite, a produção de carne não é limitada pelo consumo de energia. Contudo, a adição de gordura é uma alternativa viável para baratear a formulação de dietas, que pode promover alterações benéficas na composição de ácidos graxos da carne, funcionando como incentivo adicional ao uso da suplementação lipídica para o gado de corte.

Assim como tem sido observado no leite, a suplementação com gordura insaturada tem provocado um decréscimo nos teores de ácidos graxos de cadeia curta e média, e um aumento nos teores de ácidos graxos de cadeia longa (principalmente C_{18:1}) da carne.

Rule et al. (1994), citados por Gaynor et al. (1994), forneceram a bovinos suplementação lipídica a base de canola extrusada e observaram alterações na composição de ácidos graxos do tecido adiposo, músculos, rins e fígado, caracterizada por decréscimo nos teores de C_{16:0} e aumento dos teores de C_{18:0}, C_{18:1}, bem como diversos AGPI de cadeia longa.

Estes efeitos têm sido menos pronunciados nos lipídios intramusculares em comparação aos da gordura subcutânea, e quando a fonte de gordura é composta de sementes oleaginosas tratadas pelo calor ao invés de óleos (não protegidos), pois o tratamento térmico das sementes de oleaginosas parece proteger os ácidos graxos C_{18:2} da biohidrogenação.

Durante algum tempo, acreditou-se que o melhoramento genético visando obter animais mais magros com baixo teor de gordura intramuscular seria a melhor solução para se obter carne bovina de melhor qualidade. Entretanto é sabido que baixos níveis de gordura intramuscular (cerca de 10g kg⁻¹) podem prejudicar as propriedades organolépticas da carne, depreciando o seu valor. O incremento do teor de triacilgliceróis enriquecidos com AGPI na gordura intramuscular, através de manipulações da dieta passou então a ser o alvo das pesquisas.

Um incremento na proporção de AGPI -3: -6 em animais magros, tem sido sugerido. Segundo Ashes et al. (1992) os lipídios intramusculares em carneiros retêm muito mais AGPI -3 que o leite, quando gordura protegida a base de óleo de peixe é adicionada à dieta destes animais. Clinquart et al. (1991) relatam que a suplementação com óleo de linhaça na dieta de bovinos elevou o teor de C_{18:3} -3 no tecido adiposo.

Pires et al. (2002), analisando o perfil de ácidos graxos da carne de novilhos precoces alimentados com fonte suplementar de gordura protegida (5% da MS), observaram aumentos de até 100% nos teores de AGPI intramuscular (gordura de marmoreio) destes animais.

Entretanto a maior susceptibilidade à oxidação e aos defeitos de aroma e sabor da carne e derivados enriquecidos com AGPI também devem ser considerados, quando se almeja manipular o perfil de ácidos graxos destes produtos, e, ao que parece, ainda são escassas as pesquisas desenvolvidas nesta área.

Suplementação lipídica influenciando a produção de alimentos funcionais

As estratégias de alimentação de ruminantes que visam a manipulação do perfil de ácidos graxos da carne e do leite, não têm se preocupado apenas com a melhoria das qualidades nutricionais destes alimentos, mas também com a produção dos chamados alimentos funcionais, que são aqueles que contêm compostos com propriedades farmacêuticas, podendo agir em benefício da saúde humana.

Ultimamente tem-se relatado que o ácido linoléico conjugado (CLA), encontrado em altas concentrações na gordura de animais, pode conferir à carne e ao leite, bem como aos seus subprodutos, propriedades benéficas à saúde humana, tais como: efeito anti-carcinogênico, melhoria do sistema imune, promoção do crescimento, aumento da massa magra e propriedades antidiabéticas (Pariza, 1997; Parodi, 1994; Bessa et al., 2000) e, em razão disso pesquisadores têm buscado elevar os teores de CLA nestes alimentos.

O CLA se refere a uma mistura de isômeros (geométricos e de posição) do ácido linoléico (C_{18:2} -6) com uma dupla ligação conjugada, isto é, sem a presença do Carbono metilênico entre as duas duplas ligações.

O CLA é produzido no rúmen, como primeiro intermediário da biohidrogenação de ácido linoléico da dieta, pela enzima ácido linoléico isomerase produzida pela bactéria *Butyrivibrio fibrisolvens*. Em uma segunda etapa o dieno conjugado é hidrogenado ao ácido *trans*-11- octadecenóico (ácido *trans*-vacínico) e, mais tarde, então hidrogenado ao ácido esteárico.

Existem nove diferentes isômeros do CLA de ocorrência natural em alimentos. Desses isômeros, o *cis*-9 *trans*-11 parece ser a forma mais comum que apresenta atividade biológica, muito embora esta atividade também tenha sido

relatada para outros isômeros, especialmente o *trans*-10 *cis*-12. Alguns autores utilizam o nome ácido rumênico para o isômero encontrado em maiores concentrações na mistura CLA, ainda que esta denominação não tenha sido amplamente aceita pela comunidade científica.

Segundo Deckere et al. (1999), em humanos, o isômero *trans* 10 *cis*12 CLA diminui o LDL-colesterol, HDL-colesterol e aumenta o VLDL-colesterol em 18%, 11% e 61%, respectivamente. Porém, o *cis* 9 *trans* 11 CLA não apresenta efeito significativo em lipídios plasmáticos de hamsteres.

Lin et al. (1995) e Jiang et al. (1996) encontraram uma relação positiva entre *trans*-C_{18:1} e o CLA. Este achado pode explicar porque o efeito do *trans*-C_{18:1} não é sempre associado à maior incidência de doenças cardiovasculares (Wolff, 1995).

As concentrações de CLA na gordura do leite são primariamente influenciadas pelo suprimento de ácido linoléico no rúmen, pela inclusão de gramíneas na dieta e pela proporção forragem:concentrado na dieta.

Maloney et al. (2001) sumarizaram dados de diversos autores relatando as concentrações de CLA na carne bovina (Tabela 4).

Tabela 4. Concentração de ácido linoléico conjugado em carne bovina crua (Maloney et al., 2001).

Dieta	País	Concentração (mg/g gordura)	Referências
Desconhecida	Canadá	1,2 – 3,0	Ma et al. (1999)
Cevada (800g/kg dieta)	Canadá	1,7 – 1,8	Mir et al. (2000)
Silagem de gramíneas e concentrado	Reino Unido	<u>3,2 – 8,0</u>	Enser et al. (1999)
Milho (820 g/kg dieta)	USA	3,9 – 4,9	McGuire et al. (1998)
Desconhecido	USA	2,9 – 4,3	Chin et al. (1992)
Desconhecido	USA	1,7 – 5,5	Shanta et al. (1994)
Grãos	USA	5,1	Shanta et al. (1997)
Concentrado	Japão	3,4	Tsuneishi et al. (1999)
Gramínea	USA	<u>7,4</u>	Shanta et al. (1997)
Gramínea	Austrália	<u>2,3 – 12,5</u>	Foferly et al. (1988)
Gramínea	Irlanda	<u>3,7 -10,8</u>	French et al. (2000)
Desconhecida	Alemanha	1,2 – 12,0	Fritsche e Steinhart (1998)

Os autores atribuíram a alta concentração deste ácido nas carnes irlandesas e australianas, em relação à carne produzida no reino unido, ao fato do gado consumir maior quantidade de forragens ricas em AGPI nestes países, ao longo do ano.

French et al. (2000), estudando o efeito de dietas baseadas em pastejo (gramíneas), silagem de gramíneas ou concentrado sobre a concentração intramuscular de CLA em bovinos de corte, relataram que o aumento na proporção de gramínea na dieta ocasionou um aumento linear na concentração de CLA na carne.

Enser et al., (1999) estudaram a concentração de CLA na carcaça de bovinos da raça Charolês recebendo suplementação com diferentes tipos de gordura: (a) saturada, (b) óleo de linhaça (rico em C_{18:3}); (c) óleo de peixe (rico em C_{20:5} e C_{20:3}), e relataram que bovinos suplementados com fontes de AGPI apresentaram um aumento de duas a três vezes na concentração de CLA, comparados aos que foram suplementados com fontes de ácidos graxos saturados.

Dados de diversos autores compilados por Demeyer & Doreau (1999), relacionando os efeitos da fonte de gordura suplementar da dieta de vacas sobre o teor de CLA no leite, revelaram que: (1) gorduras saturadas e monossaturadas não promovem o aumento do CLA; (2) Os maiores aumentos dos teores de CLA são obtidos quando a fonte da suplementação lipídica é composta por óleos ricos em ácido linoléico, ou sais destes ácidos, e óleos ricos em C_{20:5} e C_{20:6}; (3) Os aumentos nos teores de CLA promovidos pela suplementação com fontes ricas em ácido linolênico são mais discretos que aqueles ocasionados por fontes ricas em ácido linoléico.

Segundo Mir et al. (2000), a suplementação de CLA para ovinos em confinamento com uma fonte de ácido linoéico (óleo de girassol - 0,33 g dia⁻¹) resultou em aumento da concentração de CLA nos tecidos da carcaça.

Embora os pesquisadores venham obtendo sucesso na busca para elevar os teores do ácido linoléico conjugado nos alimentos de origem animal, as concentrações atualmente encontradas na carne e no leite de

ruminantes (principais fontes de CLA na nutrição humana), ainda são considerados insuficientes para lhes conferir propriedades farmacêuticas.

Vale lembrar que, apesar das intensivas pesquisas relacionadas às propriedades do CLA, a dose mínima diária deste ácido, capaz de proporcionar proteção contra câncer em humanos, ainda não foi suficientemente esclarecida, e, com certeza, sua determinação seria um dos pontos de partida na produção de alimentos funcionais derivados da carne e do leite.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante desta avaliação, considera-se que o aprofundamento dos conhecimentos ligados aos eventos físico-químicos que regulam a digestão absorção e transporte de lipídios em ruminantes, bem como aos efeitos da adição de gordura à dieta de bovinos sobre a produção de carne e leite, constituem-se em vasto campo de pesquisa que só tem a contribuir para o aperfeiçoamento de tecnologias relacionadas à produção e manejo destes animais.

REFERÊNCIAS

ASHES, J.R.; SIEBERT, B.D.; GULATI, S.K. et al. Incorporation of n-3 fatty acids of fish oil into tissue and serum lipids of ruminants. **Lipids**, v. 27, n. 8, p. 629-631, 1992.

BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, J.; RIBEIRO, J.M.R. Reticulum-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with oleic acid conjugated isomers. **Livestock Production Science**, v. 63, p. 201-211, 2000.

CANALE, C.J.; BURGESS, P.L.; MULLER, L.D. et al. Calcium salts of fatty acids in diets that differ in neutral detergent fiber: effect of lactation performance and nutrient digestibility. **Journal Dairy Science**, v. 73, n.4, p.1031-1038, 1990.

CANT, J.P. DePETERS, E.J.; BALDWIN, R.L. Effect of dietary fat and postruminal casein administration on milk composition of lactating dairy cows. 1991. **Journal Dairy Science**, v.74, n.1, p. 211-219, 1991.

CHILLIARD, Y. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: A review. **Journal Dairy Science**. v.76, n. 12, p. 3897-931. 1993.

CHOW, J.M.; DePETERS, E.J.; BALDWIN, R.L. Effect of rumen-protected methionine and lysine on casein in milk when diets high in fat or concentrate are fed. **Journal Dairy Science**, v.73, n.4, p.1051-1061, 1990.

CLINQUART, A.; ISTASSE, L.; DUFRASNE, I. et al. Effects on animal performance and fat composition of two fat concentrates in diets for growing-fattening bulls. **Animal Production**., v.53, p. 315-320, 1991

CONNOR, W.E.; LIN, D.S.; HARRIS, W.B. A comparison of dietary polyunsaturated n-6 fatty acids in humans: Effects on plasma lipids, lipoproteins, and sterol balance. **Arteriosclerosis**. **Journal Lipid Research**, v. 1, n. p. 363-378, 1981.

DAVIS, S.R.; COLLIER, R.J. Mammary blood flow and regulation of substrates supply for milk synthesis (Review). **Journal Dairy Science**, v. 68, n.4, p. 1041-1058, 1985.

DECKERE, E.A.M.; AMELSVOORT, J.M.M.; McNEIL, G.P. et al.. Effects of conjugated linoleic acid (CLA) isomers on lipid levels and peroxisome proliferation in the hamster. **British Journal Nutrition**, v. 82, n.4, p. 308-317, 1999.

DEMEYER, D.; DOREAU, M. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids (Review). **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 58, n.3, p.593-607, 1999.

DePETERS, E.J.; CANT, J.P. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: a review. **Journal Dairy Science**, v.75, n. 8, p. 2043-2070, 1992.

ENSER, M.; SCOLLAN, N. D.; CHOI, N.J. et al. Effect of dietary lipid on the content of conjugated linoleic acid in beef muscle. **Animal Science**, v. 69, n.1,p. 143-146, 1999.

FRENCH, P; STANTON, C.; LAWLESS, F. et al. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. **Journal Animal Science**, v.78, n.11, p. 2849-2855, 2000.

GAYNOR, P.J.; ERDMAN, R.A. TETER, B.B. et al. Milk fat yield and composition during abomasal infusion of cis or trans octadecenoates in Holstein cows. **Journal Dairy Science**, v.77, n.1, p. 157-165, 1994.

GRIINARI, J.M.; DWYER, D.A.; McGUIRE, M.A et al. *Trans-octadecenoic* acids and milk fat depression in lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.81, n.5, p. 1251-1261, 1998.

JIANG, J.; BJOERCK, L.; FONDÉN, R. et al. Occurrence of conjugated cis-9, trans-11-octadecadienoic acid in bovine milk: effects of feed and dietary regimen. **Journal Dairy Science**, v.79, n. 3, p.438-445, 1996.

KALSCHEUR, K.F.; TETER, B.B.; PIPEROVA, L.S. et al. Effect of fat source on duodenal flow of trans-C_{18:1} fatty acids and milk production in dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.80, n. 9, p. 2115-2126, 1997.

KENNELLY, J.J. The fatty acid composition of milk fat as influenced by feeding oil seeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.60, n.1, p. 137-152, 1996.

KINGHT, C. H.; FRANCE, J.; BEEVER, D.E. Nutrient metabolism in mammary gland. **Livestock Production Science**, v.39, n.1, p. 129-137, 1994.

LIN, H.; BOYLSTON, D.; CHANG, M.J. et al. Survey of the conjugated linoleic acid contents of dairy products. **Journal Dairy Science**, v.78, n.11,p.2358-2365, 1995.

MALONEY, A.P.; MONNEY, M.T.; KERRY, J.P. et al. Producing tender and flavour some beef with enhanced nutritional characteristics. **Proceeding Nutrition Society**, v.60, p.221-229, 2001.

MENSIK, R.P.; KATAN, M.B., Effect of a diet enriched with monounsaturated or polyunsaturated fatty acids on levels of low-density and high-density lipoprotein cholesterol in healthy women and man. **New England Journal Medicine**. v. 321, p. 436 441, 1989.

MIR, Z. et al. Effect of dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic rich oil on the CLA content of lamb tissues. **Small Ruminant Research**, v.36, p.25-31, 2000.

PALMIQUIST, D.L.; BEAULIEU, A.D.; BARBANO, D.M. Feed and animal factors influencing milk fat composition. **Journal Dairy Science**, v.76, n.6, p.1753-1771, 1993.

PARIZA, M. Conjugated linoleic acid, a newly recognized nutrient. **Chemical Industry**, v. 12, p. 464-466, 1997.

PARODI, P. W. Conjugated linoleic acid: an anticarcinogenic fatty acid present in milk fat. **Australian Journal of Dairy Technology**, v. 49, p. 93-97, 1994.

PIRES, I. S. C.; OLIVEIRA, R.S.; JAEGER, S.M.P.L. et al. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos da carne de novilhos precoces alimentados com lipídios protegidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO, 17, 2002,

Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, SBNC, 2002. p. 153.

POLAN, C.E.; FISHER, R.J. Nutrition can affect concentration of milk protein. **Feedstuffs**, v.65, n.4, p.15-21, 1993.

STIPANUK, M.H. **Biochemical and physiological aspects of human nutrition**. 2000. 1007p.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press. 1994. 476p.

VAN NEVEL, C.J. DEMEYER, D. Effect of pH on biohydrogenation of polyunsaturated fatty acids and their Ca-salts by rumen microorganisms *in vitro*. **Archives of Animal Nutrition**. v.49, n. 2, p. 151-157, 1996.

WOLFF, R.L. Content and distribution of trans-18:1 acids in ruminant milk and meat fats. Their importance in European diets and their effect on human milk. **Journal of American Oil Chemists Society**. v.72, p.259-272, 1995.

WONSIL B.J. et al. Dietary and ruminally derived trans-18:1 fatty acids alter bovine milk lipids. **Journal Nutrition**, v. 124, p.556-565, 1994.

WU, Z.; HUBER, J.T. Relation ship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactation cows: a review. **Livestock Production Science**, v.39, n.2, p.141-155, 1994.

CAPÍTULO 19

CARBOIDRATOS NA NUTRIÇÃO DE PEIXES

Leandro Portz

CARBOIDRATOS NA NUTRIÇÃO DE PEIXES

Leandro Portz

Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: lportz@ufrb.edu.br

INTRODUÇÃO

Os peixes, assim como os mamíferos e animais terrestres, necessitam de energia para a manutenção do metabolismo básico, crescimento e reprodução. Normalmente esta energia é obtida através do metabolismo dos carboidratos, lipídios e aminoácidos, compostos estes presentes na dieta. Do ponto de vista de utilização da energia, os peixes são considerados muito mais eficientes do que mamíferos e aves, pois não gastam energia para manutenção da temperatura corporal e excreção dos compostos nitrogenados. Os peixes em seu habitat natural consomem pouco carboidrato através do alimento natural, obtendo suas reservas energéticas através da proteína, porém quando criados confinados em tanques e viveiros a alimentação artificial proporciona a disponibilização destes carboidratos pela composição vegetal de suas dietas.

Os carboidratos são componentes essenciais a quase todos os seres vivos, tendo como função primordial o estoque de energia que pode ser utilizada pelos animais. No processo de digestão dos peixes, os carboidratos (di, oligo e polissacarídeos) são digeridos através de ação enzimática, sem serem convertidos em monossacarídeos, onde são absorvidos por transporte passivo (difusão simples) ou por transporte ativo (potencial de membrana ou gasto direto de ATP) na parede do trato digestivo e assim transportados via sistema porta, podendo ser utilizados diretamente como fonte de energia ou levados até o fígado, onde são metabolizados.

Pode-se citar como carboidratos mais importantes no metabolismo de peixes: o glicogênio, a glicose, o lactato e o piruvato (Black et al., 1961). As vias bioquímicas mais importantes envolvendo estes carboidratos são: a *glicólise* (oxidação anaeróbica da molécula de glicose); a *gliconeogênese* (síntese de uma nova molécula de glicose ou frutose utilizando um intermediário não glicídico - lactato, aminoácidos, glicerol); *glicogênese* (síntese de glicogênio) e *glicogenólise* (degradação do glicogênio para disponibilização de glicose).

O glicogênio é uma das muitas formas de armazenamento da energia consumida como alimento pelo peixe, sendo encontrado em grande quantidade nos tecidos do fígado e músculo destes animais. Embora o tecido muscular de peixes carnívoros, como a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), possa concentrar cerca de 6% a mais glicogênio que o fígado, as quantidades totais de glicogênio muscular ou hepático podem ser consideradas iguais (Steffens, 1989).

Como consequência de uma intensa atividade física ou jejum, as reservas de glicogênio no músculo e fígado dos peixes podem diminuir em poucos minutos, sendo restabelecidas somente 24 horas após terem sido consumidas. Nagai & Ikeda (1971) mostraram que períodos de restrição alimentar superiores a 164 dias não resultam em uma queda significativa na reserva de glicogênio muscular da carpa comum (*Cyprinus carpio*), embora estes peixes tenham mostrado uma redução de 75% na reserva de glicogênio tecidual hepático após 100 dias de restrição alimentar. Isto mostra que estes peixes iniciam a utilização das reservas de glicogênio do corpo a partir do glicogênio tecidual hepático.

O glicogênio hepático é considerado um estoque emergencial de energia prontamente utilizável nos primeiros momentos de situações críticas de estresse (Christiansen & Klungsoyr, 1987). Os polissacarídeos são encontrados em todas as células dos animais e mais abundantemente no fígado, alcançando normalmente 7% do peso seco do tecido (Stryer, 1971).

O ciclo do glicogênio hepático no catabolismo mostra que esta forma de reserva orgânica é muito mais importante como suprimento de intermediários metabólicos para processos biossintéticos do que como fonte de energia (Christiansen & Klungsoyr, 1987). O glicogênio é um nutriente muito utilizado em adaptações bioquímicas em várias situações de estresse ambiental. Variações do pH, dos níveis de oxigênio dissolvido na água, da salinidade, períodos de grande esforço físico e mudanças de dietas, podem resultar tanto em aumento como em diminuição do estoque de glicogênio (Moraes et al., 1996; Soengas et al., 1995).

De modo geral, os carboidratos não são eficientemente utilizados pelos peixes (NRC, 1993). A utilização dos carboidratos está diretamente relacionada à sua concentração na dieta, tipo e forma do carboidrato e principalmente à espécie e seu hábito alimentar (Hilton & Atkinson, 1982; Erfanullah & Jafri, 1999).

As fontes de carboidratos são melhores utilizadas pelos peixes quando sofrem um processo térmico. Hilton & Atkinson (1982) constataram que dietas contendo amido de milho extrusado ou simplesmente milho extrusado à truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), apresentaram um desempenho melhor do que em dietas contendo amido cru. O

mesmo foi observado em experimentos com esturjão siberiano (*Acipenser baeri*) utilizando-se o amido extrusado ou pré-gelatinizado e o milho extrusado em comparação com o amido cru.

Porém trabalhos feitos com peixes onívoros como o bagre do canal (*Ictalurus punctatus*), indicaram que dietas contendo dextrina e amido de milho proporcionaram melhores índices de desempenho do que dietas que continham glicose, maltose, celulose, sacarose e frutose (Wilson & Poe, 1987). Assim poderíamos concluir que para este bagre onívoro a utilização de carboidratos complexos é mais eficiente.

Em experimentos com truta arco-íris, Bergot & Breque (1983) constataram que a celulose é um carboidrato muito utilizado em experimentos com dietas purificadas mas que não pode ser utilizada como fonte de energia mas sim como fibra. Pezzato (1997) explica que a baixa utilização se deve ao fato destas espécies não possuírem a enzima celulase, necessária para hidrólise da fibra, sendo esta considerada uma fonte de energia não disponível para os peixes. Ainda este mesmo autor afirma que somente algumas bactérias presentes no intestino de peixes herbívoros e de alguns onívoros poderiam talvez apresentar tal enzima.

Digestão dos carboidratos em peixes

Nos peixes podemos encontrar diversos tipos de enzimas digestivas (carboidrases), com atividades específicas, que normalmente estão presentes na membrana do intestino. Estas enzimas, assim como as lipases, também poderão ser encontradas no suco pancreático e estômago, mas não necessariamente em todas as espécies que são utilizadas em estudos de pesquisas relacionadas à nutrição. Porém, na maioria das espécies, o pâncreas é o maior produtor das enzimas que degradam os carboidratos.

As enzimas possuem uma ampla faixa de tolerância à variações térmicas (20-40°C) e suas atividades ótimas ocorrem entre pH 6-8 (Hilton & Atkinson 1982).

Segundo Steffens (1989), a atividade da enzima amilase em trutas arco-íris pode aumentar em resposta ao tipo de alimento fornecido, ao aumento na temperatura ou salinidade da água, ou quando é fornecida ao peixe uma dieta rica em proteína (Figura 1).

Por outro lado, em experimentos conduzidos com a tilápia mossambica (*Oreochromis mossambicus*), este mesmo autor comprovou uma alta atividade da amilase quando este onívoro foi alimentado com dietas ricas em energia. Em relação aos níveis de amido na dieta, a carpa comum (peixe onívoro) responde de modo oposto ao da truta arco-íris (Figura 2).

Normalmente a atividade das enzimas, principalmente da amilase, diferem de espécie para espécie e são descritas na literatura de acordo com os hábitos alimentares dos peixes. Similarmente, outros carboidratos, assim

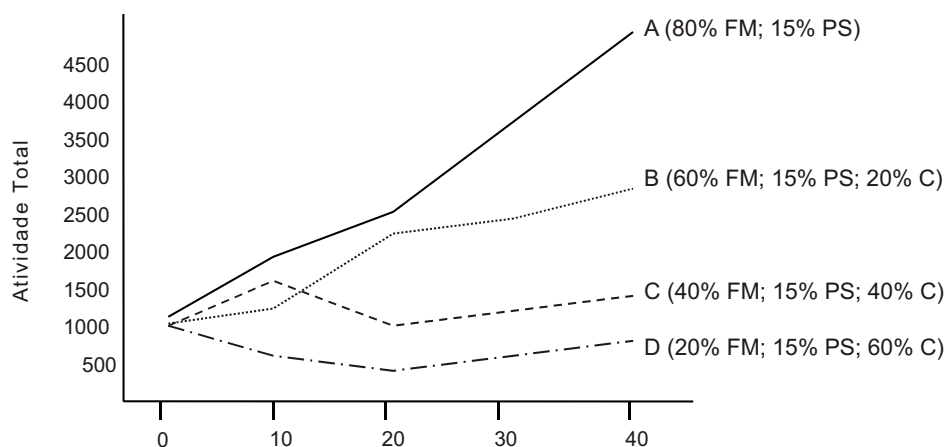


Figura 1. Atividade da amilase em trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) em resposta a diferentes dietas: farinha de peixe (FM); amido de batata (PS); - celulose (C). O aumento do nível da farinha de peixe na dieta reflete no aumento dos níveis de proteína na dieta (Adaptado de Steffens 1989).

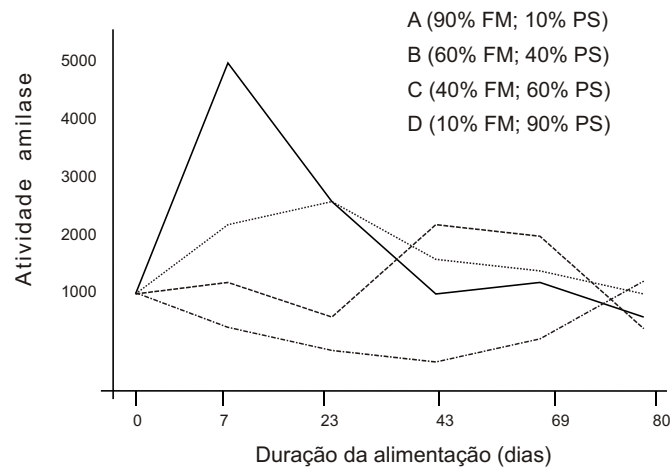


Figura 2. Efeito da composição da dieta na atividade da amilase em carpa comum (*Cyprinus carpio*). Farinha de peixe (FM); amido de batata (PS) (Adaptado de Steffens, 1989).

como também atividades de outras enzimas que digerem carboidratos são descritas pela diferenciação na nutrição entre espécies (Tabela 1).

Brown et al. (1992) testaram níveis de proteína dietética variando de 25 a 55%, com incremento de 5%, na alimentação de juvenis de “sunshine bass” (*Lepomis gibbosus*) e utilizaram a relação hepato-somática (RHS) como uma medida relativa de estoque energético. Os autores observaram que os valores da relação hepato-somática encontrados eram inversamente proporcionais aos níveis de proteína e diretamente proporcionais aos níveis de carboidratos digestíveis dietéticos, o que mostra que quanto menor o nível de proteína dietética, maior a utilização de carboidratos e a deposição de glicogênio no fígado. Resultados semelhantes também foram mostrados por Millikin (1982) para o “striped bass” (*Morone saxatilis*).

Cyrino et al. (2000), estudando rações que continham farinha de trigo como fonte de carboidrato, observaram níveis mais altos de glicogênio tecidual hepático (GTH) e nos valores da relação hepato-somática (RHS) quando o carnívoro “black bass” (*Micropterus salmoides*) era alimentado com dietas contendo 42% de PB. Isto mostra que rações contendo altos níveis de proteína, próximos a 42%, condicionam um maior acúmulo de reservas energéticas prontamente utilizáveis na forma de glicogênio. Estes mesmos autores ainda concluem que o “black bass” pode utilizar eficientemente dietas artificiais desde que os níveis de carboidratos sejam inferiores a 30% e as rações sejam adequadamente processadas (extrusadas). Resultados semelhantes foram relatados por Pérez et al. (1997) para o “European sea bass” (*Paralabrax humeralis*) que, alimentado com dietas extrusadas com diferentes níveis protéicos e níveis de lipídios variando entre 12 e 14% e níveis de carboidratos de até 30%, não apresentaram queda de desempenho.

Digestibilidade dos carboidratos em peixes

Tabela 1. Atividade relativa (máx.=100) de amilase, -glucosidase e -ga-lactosidase no trato digestivo de diferentes espécies.

Espécies	Amilase			-Glucosidase		-Galactosidase	
	I	P	S	I	S	I	S
<i>Carassius carrassius</i>	100					34	
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	84			100		61	
<i>Oreochromis niloticus</i>	44	31				59	
<i>Cyprinus carpio</i>	35					8	
<i>Salmo gairdneri</i>	8	1	16			2	1
<i>Anguilla japonica</i>	1	1		15	1	20	11
<i>Seriola quinqueradiata</i>	1	1				22	6

I= Intestino; S= Estômago; P= Ceco pilórico. Adaptado de Steffens, 1989.

Além do hábito alimentar, à existência de uma variabilidade entre as diversas espécies de peixes quanto a digestibilidade dos carboidratos se deve, também, à diferenciação anatomo-fisiológicas do trato digestivo destas espécies.

A capacidade de digestão dos carboidratos pelos salmonídeos tem sido freqüentemente detalhada e pesquisada em estudos referente à nutrição. Por se tratar de espécies carnívoras, os carboidratos geralmente estão ausentes na dieta natural, contudo nas dietas artificiais os carboidratos estão presentes e pode ser observado que estes carnívoros podem ser capazes de digerir carboidratos, embora em proporções menores em relação às proteínas (Tabela 2).

Para os salmonídeos, observa-se que os coeficientes de digestibilidade dos carboidratos diminuem com o aumento de sua proporção na dieta (Tabela 3). A digestibilidade dos polissacarídeos é dependente da magnitude de sua contribuição na dieta. Em testes realizados por Hilton et al. (1981), o coeficiente de digestibilidade para glucose em trutas arco-íris, foi de 96% - 99%, não sendo este coeficiente influenciado pela temperatura da água, que variou entre 11,5° C e 15° C e também pelas dietas que continham acima de 25% deste carboidrato.

Juvenis de *Oncorhynchus tshawytscha* (truta da califónia) pesando menos de 1g mostraram menores taxas de crescimento em água à 10° C, com níveis de glucose de 20% na dieta, que foram também substituídas por maltose, dextrina e amido de batata (Figura 3).

Tabela 2. Digestibilidade de diferentes carboidratos da “brook trout” (*Salvelinus fontinalis*) e truta arco-íris.

Carboidratos	“Brook trout” (%)	Truta arco-íris (%)
Glucose	99	79 - 90
Maltose	92	-
Sacarose	73	-
Lactose	60	-
Dextrina	-	77 - 80
Amido cozido	57	52 - 70
Amido cru	38	20 - 24
- celulose	-	10 - 14

Fonte: NRC 1973.

Tabela 3. Digestibilidade (%) de diferentes carboidratos em várias proporções na dieta de truta arco-íris com 10-25 g de peso vivo e uma temperatura de água à 16° C.

Carboidratos	Nível de Carboidrato na Dieta (%)				
	20	30	40	50	60
Glucose	99,3	99,0	99,0	99,6	99,5
Sacarose	99,5	98,8	99,1	99,2	98,8
Lactose	94,4	95,3	97,4	97,2	96,4
Dextrina	77,2	74,8	60,0	50,1	45,5
- Amido de batata	69,2	65,3	52,7	38,2	26,1

Fonte: Singh & Nose (1987).

Na maioria das pesquisas realizadas para avaliação da digestibilidade de carboidratos em peixes, existe um interesse particular centralizado no que diz respeito à digestibilidade do amido e da dextrina, e os autores sugerem que estes carboidratos podem atuar como economizadores de proteína. Shiau (1997) foi capaz de mostrar que o amido de milho após sofrer um tratamento térmico (gelatinização) era melhor utilizado pelo peixe do que o amido de milho em estado natural. Quando o amido de milho hidrolisado era empregado em uma composição básica de ração, observou-se uma alta taxa no ganho de peso e melhores taxas na conversão alimentar da truta arco-íris (Tabela 4).

Chiou & Slinger (1979) demonstraram os coeficientes de digestibilidade de diferentes carboidratos utilizados em rações para truta que receberam processos térmicos diferentes (Tabela 5).

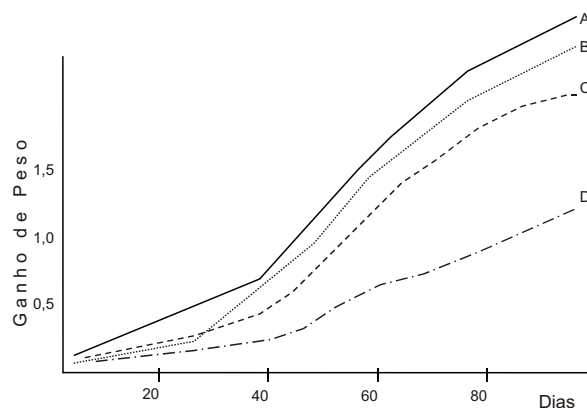


Figura 3. Crescimento de juvenis de *Oncorhynchus tshawytscha* em resposta a diferentes tipos de carboidratos (com nível de 20%) na dieta. A = glucose; B = maltose; C = dextrina; D = amido de batata. Fonte: Adaptado de Steffens, 1989.

Tabela 4. Diferenças no ganho e utilização de alimento em alevinos de truta arco-íris em resposta à administração de dietas similares, contendo cada uma amido de milho em estado natural (n) ou amido de milho hidrolisado (h).

	Dietas			
	1	2	3	4
Proteína (%)	42	42	42	32
Amido (%)	15	13	13	29
Ganho de Peso (g) n	80	107	67	66
h	92	121	115	112
Taxa de Conversão Alimentar (kg/kg ganho)				
n	1,74	1,73	2,34	2,30
h	1,55	1,62	1,64	1,67

Tabela 5. Digestibilidade aparente de amido e açúcar para truta arco-íris.

	Amido		Açúcar	
	g/kg da dieta	Digestibilidade (%)	g/kg da dieta	Digestibilidade (%)
- glucose	-	-	843	100
Dextrina (amido hidrol.)	807	100	-	-
Amido cru (milho)	780	0	-	-
Amido autoclavado (10min. à 112° C)	772	0	-	-
Farinha de trigo crua	541	0	19	88
autoclavada (10 min. à 112° C)	391	62	40	57
tostada (10 min. à 250° C)	418	27	41	87
Farelo de soja (49% de proteína bruta)	75	54	101	100
Farinha de glúten de milho (60% de PB)	168	62	-	-

Fonte: Adaptado de Steffens (1989).

A digestão de carboidratos em carpa foi descrita por Furuichi & Yone (1982) (Tabela 6), onde os peixes estavam condicionados a temperaturas variando entre 10° C - 22° C. A digestibilidade de carboidratos provenientes de sementes de leguminosas aparentemente são mais pobres do que a dos cereais. Chiou & Ogino em 1975 já haviam concluído que a fração de carboidratos da semente de lúpulo e da soja apresentavam baixo desempenho quando utilizadas em dietas para peixes.

A digestibilidade de carboidratos em carpas é extremamente dependente do nível de fibra bruta contida na dieta (Tabela 7) conforme demonstrado em experimentos feitos por Kirchgessner et al. (1986).

Para a carpa-capim (*Ctenopharygodon idella*), uma espécie que se alimenta essencialmente de vegetais, a digestibilidade do farelo de soja foi de 63% e para a farinha de milho 88%, ambos com 30% de inclusão na dieta (Steffens, 1989). Quando foi testada a digestibilidade da dextrina como fonte de carboidrato, surgia uma relação negativa entre os coeficientes de digestibilidade e a concentração de dextrina na dieta (Tabela 8).

Tabela 6. Digestibilidade de diferentes carboidratos em carpas com dois anos de idade.

Alimentos	Carboidrato (% do peso seco)	Digestibilidade (%)
Cevada	55,0	74
Aveia	37,3	75
Centeio	46,8	84
Trigo	43,6	58
Ervilha	34,1	45
Lúpulo	22,8	56
Semente de girassol tostada	14,6	55
Farinha de amendoim	15,0	65
Farinha de soja	25,4	51
Componentes da dieta	14,8 30,5	46 75

Fonte: Adaptado de Steffens (1989).

Tabela 7. Digestibilidade de carboidratos (trigo) de uma carpa de 1200 g de peso vivo condicionada a uma temperatura de 24°C.

Alimento	ENN (extrat. não nitrogenado) - %	Fibra Bruta (%)	Digestibilidade (%)
Farinha de trigo	71	2,1	91
Pó de trigo	59	5,7	56
Grãos de trigo	56	8,7	38
Farelo de trigo	52	12,0	14

Fonte: Kirchgessner et al. (1986).

Tabela 8. Digestibilidade da Dextrina em várias concentrações em substituição no alimento.

	10	20	30	40	50	60
Dextrina contida na dieta (%)						
Digestibilidade (%)	84	80	79	60	38	35

Fonte: Steffens (1989).

O peixe *Seriola quinqueradiata*, um tunídeo de águas tropicais muito criado no Japão, não digere carboidratos com tanta eficiência quanto as carpas. Furuichi et al. (1986) obtiveram os valores em resposta à digestibilidade da glicose e do amido de batata cozido. Embora a digestibilidade do -amido tenha sido significativamente menor em comparação à glicose, o melhor ganho de peso percentual era descrito em resposta ao amido contido na dieta e não à glicose. Com relação ao ganho de peso e taxa de conversão alimentar da dieta, o grupo que recebeu 20% de glicose na dieta demonstrou resultados piores em relação aos outros grupos (Tabela 9).

Tabela 9. Ganho, taxa de conversão alimentar, digestibilidade da glucose e amido de batata em várias concentrações na dieta do peixe *Seriola quinqueradiata* com 70-150 g de peso vivo, durante 30 dias de alimentação.

Nível de Carboidrato na Dieta (%)	Glucose		Amido de Batata
	10	20	20
Digestibilidade (%)	92	94	56
Ganho (%)	84	60	95
Taxa de Conversão Alimentar (kg/kg)	1,41	2,11	1,43

Fonte: Furuichi et al. (1986).

Furuichi et al. (1986) também observaram em carpas e no atum (*Seriola quinqueradiata*), que a glucose na forma livre é mais rapidamente absorvida que a glucose contida na forma de α -amido (Figura 4).

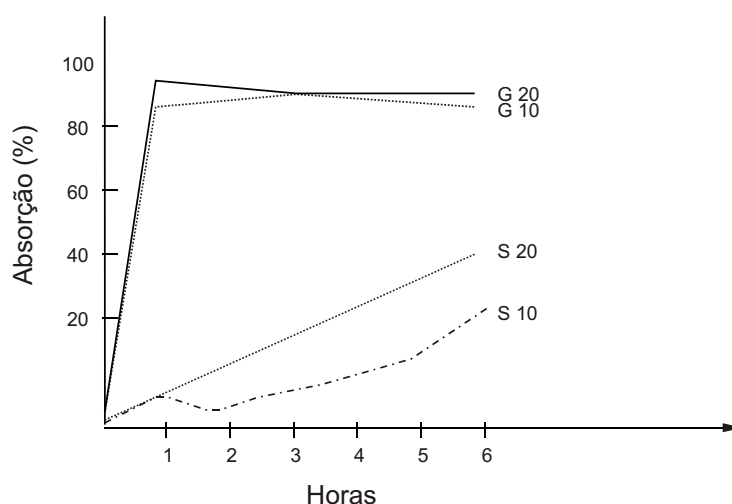


Figura 4. Taxa de absorção de glucose (G) e α -amido de batata (S) em quantidades de 10% e 20% na dieta de *Seriola quinqueradiata*. Fonte: Furuichi et al. (1986).

Os autores supracitados observaram que este fator reflete no aumento do nível de açúcar sangüíneo após duas horas de alimentação, em ambos os tratamentos com 10% e 20% de glucose contida na dieta. Porém, pelo fato do nível de insulina do plasma sangüíneo somente alcançar o seu nível máximo após duas horas da ingestão do alimento e a atividade das enzimas glicolíticas hepáticas e gluconeogênicas relacionadas ao metabolismo de carboidratos somente mostrar aumento após duas a três horas da administração do alimento, isto poderia demonstrar uma importante descoberta no metabolismo pós-absortivo de peixes. Os autores concluíram que a maior parte dos carboidratos oriundos da absorção de glucose na forma livre, apesar de serem altamente e rapidamente absorvidos antes do aumento das atividades enzimáticas, pode ser excretada sem ser utilizada. Este fato foi comprovado quando os autores detectaram o aparecimento de glucose na urina (Glicosúria).

De acordo com Spannonhof & Plantikow (1983), níveis elevados de amido na dieta de truta arco-íris produzem um aumento no volume de suco gástrico. A atividade da amilase era reduzida pela presença de amido cru e aumentada pela inclusão de amido hidrolisado. O amido cru na dieta pode aumentar a taxa de transito do conteúdo intestinal, o qual também contribui para perdas na digestibilidade de nutrientes. Outro fator importante a ser levado em consideração quanto às fontes de carboidratos é que o trigo contém albuminas as quais agem como inibidores de amilases. Spannonhof & Plantikow (1983) descreveram que a atividade da amilase em trutas arco-íris é reduzida em cerca de 80% quando o trigo é utilizado em sua forma natural sem nenhum processamento térmico

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sobre a utilização de fontes de carboidratos para peixes, podemos concluir que as espécies de peixes possuem uma capacidade limitada na digestão destes compostos na forma *in natura* (crus), ocorrendo uma diferenciação entre as espécies de peixes estudadas de acordo com seus diferentes tipos de hábitos alimentares. O estudo das diferentes fontes de carboidratos e suas diferentes formas de processamento podem auxiliar no aumento da capacidade das espécies em utilizarem carboidratos como fonte de energia, principalmente em se tratando de espécies onívoras.

REFERÊNCIAS

BERGOT, F.; BREQUE, J. Digestibility of starch by rainbow trout: effects of the physical state of starch and of the intake level. **Aquaculture**, v. 34, p. 213-222, 1983.

BLACK, E. C., ROBERTSON, A. C.; PARKER, R. R. **Some aspects of carbohydrate metabolism in fish**. In: Martin, A. W. In: Comparative Physiology of Carbohydrate Metabolism in Heterothermic Animals. Univ. Washington Press, p. 89-124, 1961.

BROWN, M.L.; NEMATIPOUR, G.R.; GATLIN, D.M. Dietary protein requirement of juvenile sunshine bass at different salinities. **The Progressive of Fish Culturist**, v. 54, p. 148-156, 1992.

CHIOU, J. Y.; OGINO, C.: Digestibility of starch in carp. **Bulletin of the japanese society of scientific fisheries**, v. 41, p. 465-566, 1975.

CHIOU, J. Y.; SLINGER, S. J.: Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20-23 June, 1987. Vol II, Berlim, p.239-247, 1979.

CHRISTIANSEN, C.; KLUNGSOYR, L. Metabolic utilization of nutrients and the effects of insulin in fish. **Comparative Biochemistry Physiology**, c.88b, n.3, p.701-711, 1987.

CYRINO, J.E.P; PORTZ, L.; MARTINO, R.C. Retenção de proteína e energia em juvenis de "black bass" *Micropterus salmoides*. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 4, p.609-616, 2000.

ERFANULLAH; JAFRI, A.K. Growth, feed conversion, body composition and nutrient retention efficiencies in fingerling catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch), fed different sources of dietary carbohydrate. **Aquaculture Research**, v.30, p.43-49, 1999.

FURUICHI, M.; YONE Y.: Availability of carbohydrate in nutrition of carp and red sea bream. **Bulletin of the japanese society of scientific fisheries**, v.47 p.945-948, 1982.

FURUICHI, M.; TAIRA, H.; YONE, Y. Availability of carbohydrate in nutrition of Yellowtail. **Bulletin of the japanese society of scientific fisheries**, v.51, n.1, p.99-102, 1986.

HILTON, J.W.; ATKINSON, J.L. Response of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to increased levels of available carbohydrate in practical trout diets. **British Journal of Nutrition**, v.47, p.597-607, 1982.

HILTON, J.W.; CHO, C.Y.; SLINGER, S.J. Effect of extrusion processing and steam pelleting diets on pellet durability, pellet water absorption, and the physiological response of rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). **Aquaculture**. v. 25, p.185-194, 1981.

- KIRCHGESSNER, M., KÜRZINGER, H.; SCHWARZ, F. J. Digestibility of crude nutrients in different feeds and estimation of their energy content for carp (*Cyprinus carpio* L.). **Aquaculture**, v. 58, p.185-194, 1986.
- MILLIKIN, M.R. Effects of dietary protein concentration on growth, feed efficiency, and body composition of age-0 striped bass. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.111, p.373-378, 1982.
- MORAES, G., OLIVEIRA, M.C.; RATIN, F.T. The metabolic pattern changes of *Hoplias malabaricus* from normoxia to hypoxia conditions. **Revista Brasileira de Biologia**, v.56, n.2, p.191-196, 1996.
- NAGAI, M.; IKEDA, S. Carbohydrate metabolism in fish. I. Effects of starvation and dietary composition on the blood glucose level and hepatopancreatic glycogen and lipid contents in carp. **Bulletin of The Japanese Society of Scientific Fisheries**, v.35, p.404-409, 1971.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL **Nutrient requirement of fish**. Washington: National Academy of Science Press, 1993. 105p.
- PÉREZ, L.; GONZALES, H.; JOVER, M.; FERNÁNDEZ CARMONA, J. Growth of European sea bass fingerlings (*Dicentrarchus labrax*) fed extruded diets containing varying levels of protein, lipid and carbohydrate. **Aquaculture**, v. 156, p.183-193, 1997.
- PEZZATO, L.E. O estabelecimento das exigências nutricionais das espécies de peixes cultivadas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1, Piracicaba, 1997. **Anais...** Piracicaba: CBNA, 1997. p.45-62.
- SHIAU, S.Y. Utilization of carbohydrates in warmwater fish-with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**, v. 151, p.79-96, 1997.
- SINGH, R. P.; AND NOSE, T. Digestibility of carbohydrate in young rainbow trout. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v.17, p.21-25, 1967.
- SOENGAS, J.L.; ALBEGUNDE, M.; ANDRÉS, M.D. Gradual transfer to sea water of rainbow trout: Effects on liver carbohydrate metabolism. **Journal of Fish Biology**, v.47, n.3, p.466-478, 1995.
- SPANNOHOF, L.; PLANTIKOW, H. Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout. **Aquaculture**, v.30, p.95-108, 1983.
- STEFFENS, W. **Principles of fish nutrition**. Chichester, England, UK: Ellis Harwood Ltd., 1989, p.184-208.
- STRYER, L. **Metabolismo do glicogênio**. In: STRYER, L. Bioquímica. Rio de Janeiro: Guanabara, 1971. cap.19, p.371-386.
- WILSON R.R.; POE, W.E. Apparent inability of channel catfish to utilize dietary mono and disaccharides as energy sources. **Journal of nutrition**, v.117, p.280-285, 1987.

CAPÍTULO 20

ALIMENTAÇÃO DE CAPRINOS LEITEIROS

**Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira, Soraya Maria Palma Luz Jaeger
& Benedito Marques da Costa**

ALIMENTAÇÃO DE CAPRINOS LEITEIROS

Gabriel Jorge Carneiro Oliveira¹; Soraya Maria Palma Luz Jaeger¹; Benedito Marques da Costa¹

¹ Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: gajocaol@ufrb.edu.br; sljaeger@ufrb.edu.br; beneditomc@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A criação de cabras com objetivo de produção de leite é uma atividade produtiva bastante importante pelos aspectos econômico e social. Levando-se em conta o seu aspecto econômico, a produção de leite de cabras pode ser rentável, alcançando preços por litro mais elevados do que o de leite de vacas, devido ao seu valor nutritivo e ao fato de ser um leite que pode ser consumido por crianças e adultos que apresentam intolerância a outro tipo de leite.

Considerando-se o aspecto social, pequenos produtores podem criar cabras para a subsistência de sua família, em pequenas áreas, em regime de semi-confinamento ou em confinamento total.

Em regime de semi-confinamento, as cabras são mantidas em pastagens, podendo receber uma suplementação de volumosos na forma de capins de corte, de fenos de capins ou de leguminosas. Podem, também, receber suplementação de ração concentrada, conforme a sua produção de leite, e mistura mineral.

Em regime de confinamento total, as cabras são mantidas em capril, onde são alimentadas diariamente com alimentos volumosos (capins de corte, silagem ou fenos de capins ou de leguminosas), mistura mineral e ração concentrada.

A seguir é apresentado um programa de alimentação de caprinos com objetivo de produção de leite. Nesse programa, destacam-se a alimentação de cabritos nas fases de aleitamento e crescimento e de cabras em gestação e lactação.

CABRITOS EM ALEITAMENTO

A partir dos três dias de idade, recomenda-se o fornecimento de alimento concentrado com 12 a 18 % de proteína bruta e mistura mineral completa à vontade. A partir de oito dias de idade, além do alimento concentrado e da mistura mineral completa, deve-se fornecer alimento volumoso rico, preferencialmente feno de leguminosa. Animais em regime de confinamento total, sem receber sol, é aconselhável administrar à dieta vitamina D, através de premix vitamínico.

Fornecimento de colostro - O fornecimento de colostro é feito nas primeiras horas de vida, objetivando a absorção de anticorpos que se verifica mais nesse período inicial. Quando ocorre acidente com a matriz, após o parto, poderá ser utilizado o colostro proveniente de outras matrizes. Deve ser fornecido 500 ml do colostro, parcelado em quatro ou cinco vezes ao dia, durante os primeiros 3 dias de vida. Quando não se dispõe de quantidade suficiente, fornecer pelo menos no primeiro dia.

Esquema de aleitamento - Existem dois esquemas de aleitamento para recém-nascidos:

a) Aleitamento natural - É uma forma de aleitamento prática, embora não seja econômica, devido ao elevado preço do leite de cabra. Neste esquema as cabras e as crias permanecem juntas, isoladas do rebanho nos primeiros cinco dias após o parto, em seguida o cabrito é apartado e levado para aleitamento, duas ou três vezes ao dia.

Existem criações que, após a ordenha, deixam os cabritos com a mãe, voltando a apartá-los à tarde. Este procedimento exige menos mão-de-obra, embora retarde o consumo de concentrados e volumosos pelos cabritos, e reduza a produção de leite do rebanho.

b) Aleitamento artificial - O cabrito é separado da mãe desde o primeiro dia, recebendo o colostro e leite inicialmente em mamadeira ou caixa de aleitamento e depois no balde. Este método exige maior mão-de-obra que o anterior.

A higiene do material deve ser rigorosa. O leite ou “sucedâneo” deve ser fornecido com temperatura de 35 a 37° C, durante o primeiro mês, passando gradativamente a ser oferecido à temperatura ambiente no segundo mês. Com estes cuidados evitam-se distúrbios digestivos.

Entre os produtos utilizados no aleitamento artificial, destacam-se o leite de vaca e o de soja, sendo o primeiro o mais indicado para substituir o leite de cabra. Ao utilizar leite de vaca a substituição deve ser gradual seguindo as seguintes proporções:

6° ao 11° dia: duas partes de leite de cabra / uma parte de leite de vaca;

9° ao 11° dia: 50 % de leite de cabra e 50 % de leite de vaca;

12° dia: leite de vaca.

Quando se usa leite de soja ou produtos comerciais contendo soja, deve-se ter cuidado de fornecer somente a partir do 28° dia. Se for oferecido antes do 28° dia pode causar sérios problemas de distúrbios digestivos, levando o animal à morte.

Desmama - Considerando o estado fisiológico do cabrito e os objetivos da criação, a desmama pode ser realizada a partir de três semanas de idade, quando o animal já estiver ruminando. A desmama tardia é realizada a partir dos 90 dias de idade.

ANIMAIS EM CRESCIMENTO

Nesta fase, é importante o fornecimento de volumosos de boa qualidade com o intuito de proporcionar aos animais condições de adquirirem o peso de reprodução ou de abate mais precocemente.

O peso vivo dos animais a serem arraçoados, o ganho de peso diário objetivado, o nível de nutrientes requeridos e o consumo de matéria seca devem ser levados em consideração no cálculo da dieta a ser fornecida. A Tabela 1 serve de orientação para o cálculo da ração visando um ganho de peso diário de 100 gramas.

O fornecimento de uma mistura mineral pode ser necessário para complementar as exigências de cálcio e fósforo e demais elementos minerais. A relação cálcio/fósforo deve ficar ajustada entre 2:1 e 1,5:1. Os animais criados em confinamento, sem receber sol, devem receber a vitamina D através da adição de premix vitamínico na ração concentrada.

Tabela 1. Exigências de matéria seca (MS), energia digestiva (ED), nutrientes digestíveis totais (NDT), proteína bruta (PB), cálcio (Ca) e fósforo (P) para um ganho de peso diário de 100 g, para caprinos em crescimento (adaptado do NRC, 1981).

Peso vivo (kg)	MS (kg)	ED (Mcal) ¹	NDT (g)	PB (g)	Ca (g)	P (g)
10	0,45	1,21	275	51	2,32	1,43
20	0,79	1,88	426	67	2,43	1,41
30	1,09	2,47	561	79	3,49	2,10

¹Mcal = Megacalorias.

CABRAS EM FINAL DE GESTAÇÃO

No terço final da prenhez ocorre uma redução de 20% no consumo de matéria seca, provocada pelo aumento do volume do útero, que comprime o rúmen. Por outro lado, neste período as exigências nutricionais são maiores, devido à demanda de nutrientes da mãe somados àqueles para formação do feto (Tabela 2).

Recomenda-se o fornecimento de volumoso de boa qualidade juntamente com alimento concentrado rico em proteína bruta, de forma que, em uma ingestão diária de matéria seca que varia de 2,0 a 2,6 % do peso vivo, a dieta possa atingir até 22 % de proteína bruta, a depender do peso vivo da matriz, do número de fetos, da gestação e do estágio da gestação (NRC, 1981; INRA, 1990; AFRC, 1993).

Tabela 2. Exigências de matéria seca (MS), energia digestiva (ED), nutrientes digestíveis totais (NDT), proteína bruta (PB), cálcio (Ca) e fósforo (P) para cabras gestando dois fetos, nos dois últimos meses de prenhez, incluindo os requerimentos de manutenção (adaptado do NRC, 1981).

Peso vivo (kg)	Gestação (mês)	MS(kg)	ED (Mcal) ¹	NDT(g)	PB(g)	Ca (g)	P (g)
40	4°	1,07	3,59	816	159	5,0	2,5
	5°	0,97	5,02	1141	215	7,0	3,0
50	4°	1,20	4,10	932	173	6,0	3,1
	5°	1,09	5,58	1268	235	8,5	3,7
60	4°	1,33	4,52	1027	187	7,0	3,8
	5°	1,21	6,00	1363	253	10,0	4,5
70	4°	1,47	4,90	1114	200	8,0	4,4
	5°	1,34	6,40	1454	273	11,5	5,3
80	4°	1,60	6,42	1458	212	9,0	5,0
	5°	1,46	6,62	1504	293	13,0	6,0

¹Mcal = megacalorias.

CABRAS EM LACTAÇÃO

Apesar da ingestão de matéria seca (IMS) poder variar a cada dia, existem equações que permitem calcular o provável consumo de matéria seca (MS) para situações específicas. A IMS varia de 1,5 a 2,0 % do peso vivo (PV) em animais de baixa exigência, até 5 % para animais de alta produção, com relatos de consumo que chegam a atingir 8 % do PV. As equações podem considerar diversos fatores, dentre os quais se destacam o peso metabólico ou apenas o peso vivo e o nível de produção de leite.

Segundo o AFRC (1993), o cálculo da IMS deve ser feito a partir da seguinte equação:

$$IMS = 0,062 PV^{0,75} + 0,305 PL \text{ onde,}$$

$$IMS = \text{Ingestão de MS (g dia}^{-1}\text{);}$$

$$PV = \text{Peso Vivo (kg);}$$

$$PL = \text{Produção de leite (kg dia}^{-1}\text{) com 3,5 \% de gordura}$$

Para animais de alta produção, que necessitam ingerir grandes quantidades de alimentos concentrados, deve-se atentar para o consumo de fibra em detergente neutro (FDN) fisicamente efetiva. Para atender às exigências de FDN fisicamente efetiva, pelo menos 1/3 da IMS deve ser de feno não picado ou forragem verde, com a ração total contendo no mínimo 28 % de FDN.

A demanda de nutrientes para produção de leite depende, de forma direta, do peso vivo e da produção de leite da cabra. As Tabelas 3 e 4 possibilitam estimar as quantidades de alimentos e de nutrientes a serem fornecidos para produção de leite.

Segundo o INRA (1990) a demanda de nutrientes para produção de leite deve obedecer à regra apresentada na Tabela 4.

Tabela 3. Exigências de nutrientes para manutenção.

Peso vivo (kg)	ED (Mcal) ¹	NDT (g)	PB (g)	Ca (g)	P (g)
30	1,59	362	51	2,0	1,4
40	1,98	448	63	2,0	1,4
50	2,4	530	75	3,0	2,1
60	2,62	608	86	3,0	2,1
70	3,01	682	96	4,0	2,8

¹Mcal = megacalorias.

Fonte: adaptado do NRC (1981).

A Tabela 4 demonstra que as cabras devem ser alimentadas segundo sua produção. É recomendável que a alimentação seja individual. Contudo, pode ser fornecida em cochos coletivos desde que haja disponibilidade de canzís para contenção dos animais.

Tabela 4. Demanda de nutrientes para produção de leite em função das exigências de manutenção (adaptado de INRA, 1990).

Produção de leite (kg dia ⁻¹)	Múltiplo da exigência de manutenção
2	2,0
3	2,5
4	3,0
5	3,5
6	4,0
7	4,5

PREFERÊNCIA ALIMENTAR E USO DE VOLUMOSOS

Com relação à preferência alimentar, os caprinos são pastejadores seletivos, mostrando preferências por espécies forrageiras e por determinadas partes das plantas. Eles consomem mais brotos e folhas de árvores e arbustos e dicotiledôneas herbáceas do que gramíneas. Contudo, essas preferências variam conforme a época do ano (Tabela 5), como também foi constatada por Araújo Filho et al. (1996).

Tabela 5. Variações da composição botânica nas dietas de caprinos, em diferentes meses do ano.

Tipo de forragem	Fevereiro	Junho	Outubro	Dezembro
Gramíneas (%)	37,7	1,1	2,1	1,8
Dicotiledôneas herbáceas	34,6	28,3	24,3	22,4
Brotos e folhas	26,8	68,3	59,2	67,6

Fonte: Pfister, citado por Azevedo (s. d.).

A Tabela 6 exemplifica, as principais espécies lenhosas que compõem a vegetação da caatinga e os seus graus de aceitabilidade por caprinos (Oliveira, 1990). Contudo, para que possam se alimentar adequadamente, manifestando suas preferências, é necessário que a forragem dessas espécies esteja ao alcance dos animais. Huss et al. e Zertuche, citados por Huss (1972), conseguiram uma melhora do ganho de peso diário de caprinos, quando aumentaram a acessibilidade e a produção de forragem pelo corte da vegetação arbustiva.

A alimentação de cabras leiteiras deve seguir um programa baseado na qualidade dos alimentos volumosos disponíveis, que determinam o teor dos nutrientes e a quantidade de concentrados a serem oferecidos de conformidade com as necessidades de manutenção e produção dos animais.

De acordo com a composição em nutrientes, Embrater (1984) classifica os volumosos em quatro tipos: a) rico; b) médio; c) pobre e d) muito pobre.

O tipo rico é aquele constituído de pasto verde em crescimento, silagem ou feno de boa qualidade, com elevada percentagem de leguminosas, apresentando teor de proteína bruta na matéria seca acima de 14 %. Ao utilizar este tipo de volumoso, somente cabras em lactação e cabritos em crescimento recebem suplementação de ração concentrada.

O volumoso do tipo médio é formado por pasto maduro, feno de boa qualidade, com algumas leguminosas, apresentando teor de proteína bruta de 10 a 14 % na matéria seca. Quando se utiliza este tipo de volumoso, deve-se suplementar ração concentrada para cabras em final de gestação, em lactação e cabritos em crescimento.

O volumoso pobre é formado por pasto em início de maturação, silagem ou feno de gramíneas pobres com teor de proteína bruta de 5 a 10 % na matéria seca. Para o tipo de volumoso pobre é necessária a suplementação com ração concentrada para todas as categorias de animais.

Tabela 6. Principais espécies lenhosas da caatinga e graus de aceitabilidade por caprinos.

Nome vulgar	Nome científico	Aceitabilidade
Sabiá	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	+++
Marmeleiro	<i>Croton hemiagyreus</i>	+
Mofumbo	<i>Cobretum leprosum</i>	+
Jurema preta	<i>Mimosa nigra</i>	++
Jurema branca	<i>Pithecolobium dumosum</i>	++
Pau branco	<i>Auxema onconcalyz</i>	+
Catingueira	<i>Caesalpinia pyramidalis</i>	++
Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i>	+++
Pereiro	<i>Aspidosperma pririfolium</i>	+
Pau mocó	<i>Luetzelburgia auriculata</i>	++
Aroeira	<i>Astromium urundeuva</i>	+
Imburana	<i>Bursera leptophloeos</i>	+
Melosa	<i>Ruelia asperula</i>	+++
Mororó	<i>Bauhinia forficata</i>	+++
Juazeiro	<i>Caesalpinia ferrea</i>	++

Legenda: + = baixa; ++ = média; +++ = alta; Fonte: adaptado de Oliveira (1990).

O tipo de volumoso muito pobre é formado por pasto maduro, cana picada, silagem ou feno, de baixa qualidade, com teor de proteína bruta inferior a 5 % na matéria seca. Com este tipo de volumoso, a suplementação concentrada é necessária até para manter o peso vivo dos animais.

PASTAGEM DE LEGUMINOSAS

As leguminosas se constituem em importante fonte de proteínas para os ruminantes. No caso dos caprinos é recomendável a utilização de espécies perenes, tanto herbáceas como arbustivas.

São realizados plantios de áreas exclusivamente com leguminosas, ou plantios em faixas nas pastagens de gramíneas, conhecidos por “bancos de proteínas” ou “legumineiras”. Contudo, essa prática ainda está muito reduzida, provavelmente devido à dificuldade de acesso às informações provenientes da pesquisa, falta de sementes idôneas para o plantio das leguminosas recomendadas e a outros fatores.

Costa et al. (1989) recomendam algumas espécies de leguminosas nativas e exóticas para formação de pastagens, apresentando uma orientação geral de manejo. Algumas das leguminosas recomendadas são apreciadas pelos caprinos (Tabela 6). Importantes informações sobre o valor nutritivo, produção de forragem e utilização do guandu (*Cajanus cajan*) e leucena (*Leucaena leucocephala*), como pasto para ruminantes, foram apresentadas por Garcia (1986).

USO DA URÉIA

A utilização da uréia em mistura com alimentos para caprinos deve ser feita observando-se as mesmas normas preconizadas para os bovinos e respeitando-se sempre o nível máximo de uréia na mistura, ou seja, 40 g 100 kg⁻¹ de peso vivo/animal/dia (Teixeira, 1989).

A fim de se evitar intoxicação dos animais, a uréia é recomendada para caprinos adultos ao nível de até 30 % do nitrogênio total da dieta. Com relação ao concentrado, pode ser usada em até 3 % deste ou até 1 % da matéria seca total da ração. Seu uso na alimentação de caprinos, contudo, requer que se faça uma adaptação gradativa para prevenir intoxicação e para que haja um bom aproveitamento (Tabela 7). Informações sobre a produção de leite em caprinos alimentados com níveis crescentes de uréia foram apresentadas por Santos & Bose (1985).

A uréia pode ser fornecida, também, em mistura com melaço, na proporção de 5 % da mistura, entretanto o consumo deve ser limitado. Outra forma de uso da uréia é em mistura com o sal, neste caso, deve-se incorporar à mistura fontes de carboidratos como o milho, melaço ou mandioca para se obter bons resultados.

Tabela 7. Esquema de adaptação de caprinos à uréia.

Período	Quantidade no concentrado (%)	Quantidade (g 100 kg ⁻¹ de P.V.)
1ª semana	0,5	10 a 12,5
2ª semana	1,0	20 a 25
3ª semana	1,5	30 a 37,5
4ª semana	2,0	40

Fonte: adaptado de Azevedo (s. d.).

REFERÊNCIAS

AFRC - **Agricultural and Food Research Council**. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.

ARAÚJO FILHO, J. A. de; GADELHA, J. A.; LEITE, E. R. et al. Composição botânica e química da dieta de ovinos e caprinos em pastoreio combinado na região dos Inhamuns, Ceará. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 383-395, maio/junho, 1996.

AZEVEDO, A. R. de. **Manejo alimentar de caprinos e ovinos**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Pró - Reitoria de Extensão, [s. d.], 27 p.

COSTA, B. M. da; MENDONÇA, C. A. G. de; CALAZANS, J. A. M. **Forrageiras arbóreas e suculentas para formação de pastagens**. 2ª. ed., Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1989. 24 p. (Coleção mossoroense série B, 599).

EMBRATER. **Criação de cabras leiteiras**. Brasília: EMBRATER, 1984. 243 p.

GARCIA, R. Banco de proteína. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 1986, e SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 8., 1986, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1986. p.79-99.

HUSS, D. L. Goat response to use of shrubs as forage. In: Wildland shrubs their biology and utilization. AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 1971, Logan. **Proceedings...** Ogden: USDA Forest Service, 1972. p. 331-338.

INRA - **Institut National de la Recherche Agronomique**. Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. Madrid: Mundi-Prensa, 1990. 432p.

NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of goats: angora, dairy and meat goats in temperate and tropical countries**. Washington: National Academy Press, 1981. 91p.

OLIVEIRA, E. R. Nutrição de caprinos e ovinos no Nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 3., 1990, João Pessoa. **Anais ...** João Pessoa: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 1990. p.94-107.

SANTOS, L. E. dos; BOSE, M. L. V. Produção de leite em caprinos alimentados com níveis crescentes de uréia. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 42, n. 1, p. 11-30, jan-jun. 1985.

TEIXEIRA, A. S. **Alimentos e Alimentação**. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1989. 321p.

CAPÍTULO 21

DESENVOLVIMENTO REGIONAL E A COMPETITIVIDADE DO AGRONEGÓCIO: ESTUDOS DE *CLUSTER*

Warli Anjos de Souza

DESENVOLVIMENTO REGIONAL E A COMPETITIVIDADE DO AGRONEGÓCIO: ESTUDOS DE *CLUSTER*

Warli Anjos de Souza¹

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: warli@ufrb.edu.br

INTRODUÇÃO

Este capítulo consiste em apresentar os aspectos conceituais relacionados ao termo *cluster* e sua conexão com desenvolvimento regional e a competitividade local do agronegócio. O texto está dividido em duas seções: uma fundamentação teórica sobre *cluster* e uma metodologia alternativa para a pesquisa. Evidencia-se nesta exposição que o processo de aglomeração não é apenas uma consequência da globalização e das vantagens das empresas localizadas nos *clusters*, expressas na redução dos custos de coordenação e na melhoria da eficiência e da inovação tecnológica da agroindústria. Adicionalmente, são apresentadas também as condições necessárias e suficientes que complementam a explicação para o surgimento de um *cluster* ou *agricluster* numa região ou país.

Em conformidade com Haddad (1999), esta abordagem utiliza o conceito de *cluster* para a análise de problemas de desenvolvimento dirigidos à agroindústria regional, nas suas três dimensões: social, econômica e ambiental. A ênfase é dada às investigações das questões associadas à competitividade local, em decorrência da abertura da economia brasileira para uma integração competitiva em escala global.

Um roteiro metodológico é sugerido para conduzir pesquisas de arranjos produtivos locais na forma de *estudos de caso* de cadeias agroindustriais selecionadas em determinada região. A metodologia busca analisar a competitividade da agroindústria regional numa concepção de desenvolvimento integrado do *cluster*. Neste sentido, a competitividade é abordada a partir de uma leitura multidisciplinar, que procura medir o desempenho econômico, os impactos ambientais e sociais da aglomeração, que definem as atividades-chave do *cluster*. Isto é, busca identificar aquelas atividades que orientam o *cluster* para exportação, suprimentos ou suporte fundamental.

DESENVOLVIMENTO REGIONAL, COMPETITIVIDADE LOCAL E *CLUSTERS*

A competitividade local é a base onde se assenta a interiorização do desenvolvimento e requer uma compreensão multidisciplinar, pois o fenômeno envolve aspectos macroeconômicos, microeconômicos, sociais, políticos, institucionais e ambientais. Portanto, a elaboração de um plano de desenvolvimento local tem como roteiro inicial identificar as questões que devem orientar a prática da construção da competitividade com base nessa multiplicidade de fatores. Compreendido o fenômeno local, o que se busca com o desenvolvimento regional é a competitividade dinâmica de empresas e regiões. Os estudos de *cluster* têm revelado as premissas para atingir o melhor equilíbrio no desenvolvimento interno. Assim, nesta abordagem, as condições necessárias ao desenvolvimento configuram-se na construção de redes (*networks*), isto é, na integração de diferentes atores e atividades, formando grandes aglomerados interativos, os pólos de desenvolvimento localizados. A delimitação conceitual do termo *cluster* permite compreender o seu significado para o estabelecimento da competitividade local.

O Conceito de Cluster

Cluster é um termo recente na literatura das ciências sociais, que surgiu para denominar alguns setores bem sucedidos da economia mundial, que alcançaram um dinamismo competitivo e tecnológico, através da concentração geográfica de indústrias pertencentes à mesma cadeia produtiva e da participação em ações conjuntas de interesses comuns. Embora o termo seja recente, Marshall (1920) já havia demonstrado, em *Princípios de Economia*, porque um agrupamento de empresas poderia auxiliá-las, especialmente as pequenas empresas, a competirem. Marshall notou que a aglomeração de firmas, envolvidas em atividades similares e relacionadas, gerava economias externas, diminuindo os custos de produtores. Essas vantagens incluíam um grupo de trabalhadores especializados, fácil acesso aos fornecedores de insumos e serviços especializados e a rápida disseminação de novos conhecimentos (tecnologias). As economias externas explicam o crescimento dos *clusters* industriais contemporâneos e é por isso que

o trabalho de Marshall, do final do século XIX, é uma referência padrão nesta nova literatura (Schmitz & Nadvi, 1999).

Entretanto, as economias externas, na acepção *marshalliana*, não são suficientes para explicar o desenvolvimento de um *cluster*. Adicionalmente às economias externas incidentais, existe uma força de ação coletiva na tomada de decisões. A ação coletiva é apresentada em diversos relatórios de pesquisas sobre *clusters* industriais em países avançados e em desenvolvimento, publicados na década de 1990 (Brusco, 1990; Cooke & Morgan, 1998; Humphrey & Schmitz, 1998; Rabellotti, 1997; Tandler & Amorim, 1996). Assim, surge o conceito de eficiência coletiva, definido como a vantagem competitiva, derivado de economias externas (efeitos incidentais) e da ação coletiva (efeitos deliberativos).

Os *clusters* são pesquisados, de forma significativa, em diversas ciências sociais. Podem ser citadas, especialmente, em algumas linhas de pesquisa da Economia Regional (Krugman, 1991), Gestão de Negócios (Porter, 1998), Ciências Regionais (Scott, 1996) e Inovação Tecnológica (Braczyk et al., 1998). Esses estudos caracterizam-se por um enfoque nas empresas como entidades em interação e por uma ênfase nos fatores locais para a competitividade em mercados globais. Assim, os conceitos de *cluster* evidenciam a concentração espacial de empresas em ativa conexão.

Schmitz & Nadvi (1999) têm a definição mais simples para *clusters*: são concentrações espacial e setorial de firmas.

Porter (1999) define *cluster* como concentrações geográficas de companhias e instituições num setor específico que englobam uma gama de empresas e outras entidades importantes para a competição, incluindo, por exemplo, fornecedores de matéria-prima, componentes, maquinários, serviços e instituições voltadas para o setor. Podem se estender verticalmente e horizontalmente na cadeia produtiva.

Haddad (1999) caracteriza *cluster* como indústrias e instituições que apresentam conexões entre si, horizontais e verticais, e geralmente incluem: empresas de produção especializada, empresas fornecedoras, empresas prestadoras de serviços, instituições de pesquisa, instituições públicas e privadas de suporte fundamental. Um *cluster* se desenvolve para criar capacidades produtivas especializadas dentro de uma região e como consequência promove o seu desenvolvimento econômico social e ambiental. O autor destaca que toda análise de *cluster* focaliza-se nos insumos críticos que as empresas necessitam para serem dinamicamente competitivas.

Todos os conceitos de *cluster* apresentados referem-se à emergência de uma concentração geográfica e setorial de empresas, a partir da qual são geradas externalidades produtivas e tecnológicas. O conceito de *cluster* remete as pesquisas a identificarem atividades produtivas e inovadoras, integradas ao espaço e as vantagens de proximidade das empresas. A ação conjunta e a integração dos agentes econômicos aos arranjos produtivos permitem a emergência das vantagens competitivas no nível industrial para uma região, o que permite explorar diversas economias de aglomeração. Cooperação produtiva e ou tecnológica são estimuladas a partir de um processo de interação local que viabiliza o aumento da eficiência produtiva, gerando um ambiente propício à elevação da competitividade dos agentes. O recorte analítico baseado no conceito de *cluster* ressalta também os impactos das articulações entre agentes em termos de geração de efeitos de aprendizado e da dinamização do processo inovador em escala local ou regional.

A importância de um *cluster* está em viabilizar ações que permitam enfrentar e criar alternativas para as empresas face à concorrência desenfreada que a globalização de mercado impõe aos diversos setores da economia. As alternativas implementadas dentro de um setor levam ao aumento da produtividade, pois possibilita, através da integração das empresas, o alcance de matéria-prima, mão-de-obra, máquinas, equipamento, informação, produtos e serviços mais qualitativos e até inovados.

A integração de uma cadeia produtiva passa a ser vista não só pela dependência entre as partes, mas pela visão sistêmica de que o todo é mais que a soma das partes, visto que ao desenvolver ações em conjunto os resultados obtidos superam o que individualmente seria inviável em seus múltiplos aspectos (financeiro, técnico ou humano). Isso ocorre em razão da pulverização não só dos recursos financeiros, mas dos riscos e da não necessidade de multiplicidade de esforços por parte das indústrias do setor. Essa visão contemplada pelo *cluster* traz a valorização da importância da sinergia entre as indústrias.

O processo de formação de *cluster*

Steinle & Schiele (2002), com base em diversas pesquisas, criticam a literatura específica de *clusters* que considera que a centralização de atividades em uma região surge somente em consequência da globalização e devido às vantagens das empresas que estão localizadas nos *clusters*, especificamente, vantagens de redução dos custos de coordenação que melhoram a eficiência e a inovação. Os autores argumentam que existem outras abordagens que complementam e explicam algumas características particulares do fenômeno e, ainda, que é preciso verificar as

condições necessárias e suficientes para a *clusterização*.

Centralização como uma consequência da globalização

Em indústrias sujeitas ao processo de formação de *cluster*, afirma-se que a harmonização de mercados internacionais e a redução dos custos de transporte, paradoxalmente, têm aumentado a importância do ambiente próximo das empresas (Gertler, 1995). De fato, estudos com robusto suporte estatístico, têm confirmado a suposição que a globalização freqüentemente significa centralização. Ao invés de espalhar-se pelo globo, empresas similares tendem a agruparem-se em nações específicas ou mesmo regiões (Patel & Pavitt, 1991; Amendoa et al., 1992; Archibugi & Pianta, 1992; Isaksen, 1997, Patel & Vega, 1999). A globalização acelerou, por meio de negócios eletrônicos, a velocidade deste processo.

Para Steinle & Schiele (2002), como o fenômeno de formação de um *cluster* é um fenômeno multidimensional, requer uma abordagem integrativa. Ou seja, apenas a literatura com uma referência explícita em *clusters* não é suficiente para entender o fenômeno. Isto se torna mais evidente quando se deseja entender as condições para a aglomeração. Diversos estudos apontam que a maior eficiência dessas aglomerações deve-se à flexibilidade da especialização (Brusco 1982; Beccattini, 1991). A abordagem francesa, por outro lado, tem dado mais ênfase, não à eficiência na redução do custo, e sim ao poder de inovação tecnológica das regiões (Aydalot & Keeble, 1998; Capello, 1999). Outro caso específico é o das pesquisas que aprofundam o entendimento da interação dentro de sistemas que criam valores, uma vez que eles oferecem explicações sobre como os membros de sistemas multiorganizacionais ajustam seus comportamentos aos dos outros. Estas pesquisas estão dirigidas para *clusters* desenvolvidos. Em outra direção, estudos da teoria da inovação tecnológica levaram a uma volta à teoria de sistemas de manufatura e inovação genuinamente nacional (Lundvall, 1992; Freeman, 1995; Furtado, 1997). De diferentes perspectivas, alguns trabalhos, que têm se dedicado à análise das cadeias internacionais de *commodity*, mostram produtos que resistem à globalização da produção (Hopkins & Wallerstien, 1994). Sobre a influência da abordagem de *analyse de filière*, o modelo do diamante da vantagem competitiva (Porter, 1990) é o conceito que tende a dominar a discussão sobre competitividade induzida pela inovação. A crítica a este modelo é que ele não se ajusta às indústrias centradas em matérias primas, àquelas estritamente domésticas ou àquelas que produzem bens não *tradeables*. Em síntese, as diversas abordagens expostas aqui, tornam claro, que nem todas as indústrias são igualmente afetadas pelo processo de formação de um *cluster*.

Vantagens das empresas localizadas nos clusters

A redução dos custos de coordenação do sistema traduz-se em vantagens para as empresas promovendo a eficiência e a inovação. Steinle & Schiele (2002) explicam porque as empresas obtêm vantagens de se localizarem próximas das outras. Se existem vantagens de proximidade, como fator central para o sucesso de uma indústria, os *clusters* oferecem vantagens competitivas. Mas é preciso considerar que o fenômeno de formação de um *cluster* é um processo de desenvolvimento de sistemas que criam valor local.

Os *clusters* surgem como aglomerações setoriais localizadas de organizações sinérgicas que podem permitir um desempenho superior das empresas, devido à interação como um clube. Nesse sentido, para os autores, *clusters* inovativos não são simples concentração de agentes econômicos independentes, mas, antes de tudo, apresentam num nível interindustrial, redes de negócios cooperativos. Assim aglomerações ao acaso são excluídas da análise, como aquelas centradas exclusivamente nas matérias primas e como tal, seus membros não mostram qualquer interação entre eles. Um *cluster* inovativo, provavelmente, não se desenvolve de forma automática, existem determinantes para sua gênese e processo evolutivo, ou seja, é preciso verificar as condições necessárias e suficientes para a *clusterização*.

Condições para clusterização

As seis condições focalizadas por Steinle & Schiele (2002) aplicam-se à indústria em geral. Assim, elas podem indicar, também, o melhor potencial de formação de um *agricluster*. Em outras palavras, o desenvolvimento de um *agricluster* requer também o estabelecimento de algumas condições.

Condições necessárias

Compreendem duas condições relacionadas à divisibilidade do processo de produção e à possibilidade de transporte do produto.

É a possibilidade de dividir o processo de produção em diversas etapas distintas que permite a especialização, e, em consequência, formas alternativas de coordenação precisam ser evidenciadas (Brusco, 1982; Lazerson, 1995). Por razões de natureza técnica, diversos produtos intermediários surgem simultaneamente, isto conduz a uma forma integrada de organização. Ou seja, a fragmentação do processo de produção, depende de sua divisibilidade técnica (Piore & Sabel, 1984).

Se o produto não pode ser deslocado, a localização de seus fornecedores é determinada pelo local de seus consumidores. Os produtos do *cluster* têm que ser transportáveis (Lazerson, 1995; Genet, 1997). É preciso distinguir o produto final de seus componentes. Se os suprimentos são difíceis de transportar, enquanto o produto final pode ser facilmente exportado, a necessidade de proximidade durante a fase de produção aumenta. Como consequência, as chances para o processo de formação de *cluster* se acentuam.

Condições suficientes

Estabelecidas as duas condições necessárias para emergência de um *cluster*, verifica-se agora, as quatro condições suficientes que estão relacionadas com a coordenação flexível dos seus distintos e diversos atores. As duas primeiras condições suficientes delineadas por Richardson (1972) distinguem atividades complementares (cadeia de valor) de atividades similares (competências similares).

a) Cadeia de valor longa

Esta condição diz respeito à coordenação dos múltiplos componentes que irão formar um produto final. Quanto mais especializada uma organização, mais sua competitividade depende da complementaridade dos atores e mais importante torna-se a organização do seu ambiente. O número de interfaces aumenta. Tal situação é típica de um sistema que cria valor muito fragmentado em consequência, o desafio da coordenação é acentuado. Outra razão para a segmentação da cadeia de valor reside nas diferenças de lucratividade dos seus segmentos.

b) Diversidade de competências

O aspecto principal desta condição é que embora seja múltipla e dissimilar, há complementaridade de competências. Richardson (1972) refere-se à similaridade entre essas atividades: quanto mais distinta as competências em uma cadeia de valor, mais desafios para uma única empresa liderar a todos. Em consequência, surge o problema de coordenação dos diversos parceiros, cada um focalizado em diferentes competências. A presença de complementaridade mais o conhecimento dissimilar em um sistema de criação de valor, entretanto, pode ser considerado como outra condição suficiente para o processo de formação de um *cluster*.

c) Inovação em rede

As inovações em rede são vistas como um motor para a aglomeração. Quanto mais a complementaridade entre os atores contribuir para o processo de inovação e quanto menor for o tempo disponível para sua coordenação, mais a eficiência da sua cooperação torna-se um fator de sucesso. Enquanto o poder amplo da inovação é usualmente atribuído aos *clusters* (Baptista & Swann, 1998), não existe consenso sobre o tipo de inovação que particularmente promove o processo de formação de *cluster*.

Independente de inovações radicais ou incrementais estarem presentes, ou se a indústria está em formação ou na sua maturidade, a distinção entre inovações do próprio inventor, inovações de laboratório e inovações em rede é útil para entender a propensão ao processo de formação de *cluster* devido a inovação induzida por uma indústria.

Com base em Freeman (1995), a evolução do processo de inovação pode ser distinguida em três fases:

1ª. *Inventor inovador*: Ator predominante no século XIX. Uma invenção leva a um produto radicalmente novo, frequentemente comercializado pelo próprio inventor inovador que é um empreendedor.

2ª. *Pesquisa e desenvolvimento em grandes centros*: Especialistas reunidos em departamentos distintos promovem as

invenções de laboratório. De forma mais sistemática que a fase anterior, os pesquisadores, em seus laboratórios, melhoraram os processos existentes.

3ª. *Inovação em rede*: Trata-se de um novo modelo que tem a possibilidade de se tornar predominante. A inovação em rede não é uma nova invenção radical para um uso prático, como no caso de um empreendedor inventor. Nem tão pouco se trata de um aperfeiçoamento das competências existentes, como no caso de um laboratório ou centro de pesquisa tradicional. A inovação em rede ocorre quando atores diferentes, com competências distintas, combinam suas habilidades, melhorando um produto existente ou processo ou mesmo criando um novo. Diferente de um bem organizado centro de pesquisa e desenvolvimento, uma inovação em rede pode acontecer sem o planejamento, mas requer a cooperação de diversas organizações. A necessidade de uma coordenação eficiente torna-se vital. Se o desenvolvimento de uma indústria é dirigido por inovações em rede, espera-se que em tal indústria este fenômeno favoreça a formação de um *cluster*.

d) Volatilidade de mercado

Condição entendida como a recompensa aos atores do sistema pela adaptação flexível. O mercado requer reações rápidas às imprevisíveis mudanças na demanda dos consumidores (volatilidade de mercado). As vantagens da coordenação, devido à proximidade dos atores na cadeia de valor, transformam-se em vantagens competitivas, se a velocidade da reação dos agentes é grande, no caso de mercados voláteis. A sensibilidade ao tempo em um determinado mercado promove uma redução no controle dos produtores em reação à demanda e ajuda, por esta razão, a desenvolver um *cluster*.

Nem todas as indústrias estão presentes de forma simultânea, em determinado período de tempo, no processo de formação de um *cluster* em uma região ou país, mas, no caso do fenômeno aplicar-se a um conjunto de indústrias, seus atores teriam conhecimento da sua existência. Se todas ou a maioria destas características aplicam-se a uma indústria, uma empresa em particular tornar-se um membro do *cluster*. Isto ocorre porque a empresa passa a monitorar como o *cluster* vem se estabelecendo e como ela poderia lucrar a partir desta evolução.

Adicionalmente, as condições para o surgimento do *cluster* permitem planejar uma política industrial e regional para pré-selecionar, com maior acuidade, a meta industrial, medidas de uma rede regional ou outras formas de desenvolvimento de *cluster*.

Finalmente, a dedução das seis condições para *clusterização* permite o teste de sua precisão pela avaliação transversal destas condições com estudos de casos, e por diversos trabalhos empíricos (Steinle & Schiele, 2002).

Cluster, agroindústria e desenvolvimento regional

Delimitar um sistema agroindustrial regional competitivo e dinâmico, em termos de preço e qualidade, é a condição essencial para desencadear o processo de desenvolvimento de uma região. Isto se explica, de um lado, pela pressão da concorrência interregional; por outro lado, pela crescente integração global, que amplia o espaço da concorrência internacional. Segundo Haddad (1999), a sobrevivência de atividades econômicas, de qualquer natureza e em qualquer escala produtiva, numa região que não disponha dessa competitividade dinâmica é muito pequena ou inviável. Por exemplo, os municípios e localidades de uma região com custos de transportes e impostos, particularmente os aduaneiros, cada vez mais declinantes, num contexto de comércio exterior desregulamentado, precisam apresentar vantagens competitivas para poder desencadear o processo de desenvolvimento.

Neste ponto, para Haddad (1999), é preciso distinguir as vantagens econômicas espúrias das vantagens competitivas dinâmicas, específicas de cada região, como a primeira etapa para delimitar um sistema produtivo regional. As vantagens competitivas espúrias apresentam como característica principal a insustentabilidade, num horizonte de longo prazo. Tais vantagens baseiam-se exclusivamente em incentivos fiscais e financeiros recorrentes, na utilização dos recursos naturais do ecossistema de forma predatória, na sobre-exploração da mão-de-obra ou na informalidade e na clandestinidade de suas operações.

Em oposição, Haddad (1999) também identifica as vantagens competitivas dinâmicas da agroindústria de uma região, como aquelas capazes de resistirem aos processos de globalização e de integração da economia nacional. Estas vantagens, num primeiro momento, se assentam sobre os recursos naturais de uma região e de sua posição relativa a outras regiões do país e do exterior. Num segundo momento, no médio prazo, o estoque dos recursos naturais são requeridos pela economia nacional para atender às demandas interna e externa. Num terceiro momento, no longo prazo, modificações da economia alteram a composição e a dimensão do estoque. Isto é, os recursos naturais de uma região mudam com a dinâmica do crescimento econômico, ou seja, com os determinantes da demanda final,

com as condições tecnológicas de produção, da organização do sistema produtivo e do sistema político.

Para definir quais são as potencialidades de crescimento econômico de uma região, a partir de seus recursos naturais, o conceito de potencialidade não é físico e sim econômico. Isto significa que o valor de um recurso natural não é inerente ao material, mas, antes de tudo, vincula-se à demanda, aos custos de produção e de transporte, às inovações tecnológicas adotadas no processo de comercialização e outros.

O ponto crítico refere-se aos custos relativos. Neste sentido, é preciso identificar uma oportunidade favorável em alguma localidade ou região que possa ser explorada, devido a uma melhor oportunidade do que em outra localidade ou região. Assim, incorporar custos de oportunidade e de concorrência são fundamentais nos estudos que permitem compreender o conceito de competitividade interregional.

Nesta seqüência, é preciso estimar as oportunidades de investimento que surgem, à medida que a exploração da base de recursos naturais da região permite o crescimento do seu mercado interno. O mercado interno de uma região apresenta três determinantes fundamentais: a população regional; a produtividade dos fatores e a concentração da renda e riqueza. Quanto maior a população, quanto maior o nível de produtividade, quanto mais bem distribuída a renda de uma região, maior será a dimensão do seu mercado interno. Especial atenção é dirigida àquelas regiões cuja atividade econômica preponderante seja a agroindústria. O frágil sistema produtivo pode apresentar problemas de degradação ambiental que podem conduzir a uma queda intensa da capacidade produtiva dos recursos naturais. Somam-se ao problema ambiental as questões de natureza fundiária que podem conduzir a produtividade do setor agrícola para valores muito diminutos.

Para Haddad (1999), a análise de *clusters* apresenta uma grande vantagem para estudar os problemas de competitividade dinâmica do agronegócio no contexto do desenvolvimento econômico, porque considera todos esses elementos conceituais de forma sistêmica.

Em síntese, no caso específico da definição de *cluster* para análise da competitividade das agroindústrias, o autor mostra que os serviços de suporte empresarial (contabilidade de custos, testes de qualidade, pesquisa e desenvolvimento, manutenção técnica etc) requeridos pelas empresas, devido a proximidade espacial, geram economias de aglomeração e externalidades e, assim, ambos os fatores definem o conceito de *cluster* (aglomerados ou complexos produtivos) em atividades-chave orientadas para exportações, para suprimento e para suporte fundamental.

No estudo específico de *agricluster*, torna-se necessário, estabelecer as etapas de seu desenvolvimento que, de acordo com ICF KAISER (1997), permitem verificar o desempenho econômico regional: identificar as atividades produtivas do *agricluster*; desenvolver os fornecedores; identificar necessidades de suporte fundamental; construir formas de cooperação público-privado.

Finalmente, a concepção do desenvolvimento integrado do *agricluster*, de acordo com IFC KAISER (1997), apresenta uma tríplice leitura: desempenho econômico, impactos ambientais e impactos sociais. Estes três aspectos definem a orientação das atividades-chave do *cluster* para as exportações, suprimento e de suporte fundamental. Assim, o desempenho econômico é avaliado pela aglomeração, crescimento, exportações, valor adicionado, especialização, reinvestimento entre outros. Os impactos ambientais são avaliados pela emissão de resíduos tóxicos, potencial poluição ambiental, efetividade do controle ambiental, certificado ISO 14000 entre outros. Os impactos sociais são avaliados por oportunidades de emprego para grupos sociais de baixa renda, o papel da força de trabalho rural, oferta de serviços comunitários, fluxos migratórios entre outros.

METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA COMPETITIVIDADE DO AGRONEGÓCIO

Entre as diversas abordagens analíticas para o estudo da competitividade local das principais cadeias agroindustriais de uma região e suas implicações para o desenvolvimento regional, a metodologia alternativa apresentada é a análise de *cluster* na forma de *estudos de caso*. Devido às argumentações já discutidas na seção anterior, esta metodologia é adequada porque alcança os setores mais dinâmicos, avalia ineficiências em cada segmento da cadeia agroindustrial, revela os sistemas de coordenação existentes e aponta os insumos críticos para a criação de capacidades produtivas especializadas numa tríplice leitura: econômica, social e ambiental.

Estudo de caso

Este método de pesquisa tem um caráter mais qualitativo, e é particularmente útil neste enfoque, pois seu principal objetivo é contextualizar e aprofundar o estudo do problema. Não se busca determinar a incidência de um dado fenômeno no seu universo, ao contrário, o enfoque é dado na sua compreensão em nível mais aprofundado.

O método de *estudo de caso* por ser mais qualitativo pressupõe que os arranjos produtivos locais podem ser associados a uma estrutura referenciada a um setor específico ou a uma região geográfica delimitada. Neste caso, o que se procura, é detalhar a conformação institucional desses arranjos, com base em critérios específicos de agregação e classificação dos agentes, avaliando-se os resultados gerados em termos de desempenho produtivo e tecnológico do setor investigado (Britto & Albuquerque, 2002).

Por se tratar de uma análise interdisciplinar, este método encaixa-se bem na situação onde o fenômeno é abrangente e complexo, onde o corpo teórico é insuficiente para estabelecer relações causais e onde o fenômeno pode ser estudado fora do seu contexto sem perda de utilidade da pesquisa (Bonoma, 1985).

A principal limitação do método de *estudo de caso* em pesquisa é o seu baixo rigor metodológico. Esta limitação é crítica numa situação em que o pesquisador não dispõe da capacitação suficiente e desejável para evitar os vieses potenciais que emergem, em consequência, do já citado baixo rigor. Assim o pesquisador pode ser conduzido a realizar generalizações que não são verdadeiras. Uma forma de contornar este problema é realizar as generalizações analíticas com fortes bases estatísticas e dados com fontes fidedignas. Evita-se, com o uso de dados qualitativos e com a profundidade das análises, fortes vieses. Para isto, é preciso evitar que a subjetividade do pesquisador predomine no relatório, para garantir a confiabilidade da pesquisa.

Roteiro metodológico para análise de *cluster*

O roteiro metodológico do estudo de caso sugerido para medir a competitividade do agronegócio, conforme Haddad (1999), pressupõe:

- a) *Delimitação da área geográfica* - Para cada *cluster*, a delimitação é realizada com base no critério de regionalização; um espaço caracterizado pela homogeneidade física, econômica e social.
- b) *Indicadores de desempenho setorial* - Relacionados com a produção, produtividade e qualidade do bem ou serviço para a região. Tais indicadores devem ser comparados com regiões concorrentes no país e no exterior. Cada indicador deve ser definido tecnicamente, como também devem ser registradas as fontes de dados. Os indicadores devem ser preparados por municípios relevantes.
- c) *Aglomerados ou complexos produtivos* - Para cada *cluster* deve ser elaborado um diagrama que mostre a estrutura do complexo produtivo. Ou seja, o desenho da cadeia agroindustrial.
- d) *Serviços de suporte empresarial* - Contabilidade de custos, assistência técnica nos diversos segmentos do *cluster*, controle de qualidade, manutenção técnica, Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), fontes de terceirização e subcontratação.
- e) *Suporte fundamental* - Logística de transporte; telecomunicações; qualidade dos serviços; sistema educacional: qualidade e acesso; agências regulatórias; sistemas de financiamento; centros de pesquisa e universidades; infraestrutura especializada; entrepostos de comercialização.
- f) *Indicadores de desenvolvimento social da região do cluster* - Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) da ONU; índice de condições de Vida (ICV); empregos gerados pelo *cluster*; porcentagem do emprego gerado pelo *cluster* no total da região; indicadores de qualidade do emprego: salário médio real, rotatividade, segurança, sazonalidade.
- g) *Indicadores ambientais* - Manejo de dejetos produzidos; compactação do solo por sobre-pastejo na pecuária; formas de controle e reciclagem de resíduos; ISO 14000 (número de certificados); outros.
- h) *Desenvolvimento de cultura organizacional* - Nível de qualificação do empresariado; adoção de técnicas de gestão; adoção de técnicas de planejamento estratégico; *marketing* rural e internacional; nível de informatização dos setores que compõem o *cluster*; ISO9000 (número de certificados).

- i) *Demanda e necessidade de insumos de conhecimento, de pesquisa e de ciência e tecnologia no cluster* - Desenvolvimento de recursos humanos especializados; sistemas de informação para o *cluster* (decisões empresariais e planejamento estratégico); sistemas de classificação; combate a enfermidades que causam prejuízos diretos e indiretos ao *cluster*; desenvolvimento de técnicas específicas para diversos ecossistemas brasileiros; centros de pesquisa e laboratórios especializados; outros.
- j) *Mecanismos de inserção da Embrapa e do CNPq (formas de cooperação público-privada)* - Programas institucionais de treinamento; programas institucionais de pesquisas; apoio à organização de infra-estrutura especializada de ensino e pesquisa; difusão de incentivos fiscais para promoção de desenvolvimento científico e tecnológico; outros.

Ainda é preciso referir-se na metodologia aos efeitos das políticas macroeconômicas sobre o *agricluster*. Para orientar trabalhos pesquisa sobre a competitividade local dos arranjos produtivos e análise de desenvolvimento regional, com base em Haddad (1999), um roteiro metodológico básico é apresentado a seguir:

1. *Impactos fiscais* - o sistema tributário atual e suas influências sobre o desenvolvimento do *agricluster* regional; as propostas alternativas de novo sistema tributário e sua adequação à competitividade do *agricluster* regional; a crise fiscal e financeira do setor público e suas repercussões sobre a oferta de infra-estrutura econômica; os impactos dos processos de privatização e de concessões sobre a competitividade do *agricluster* no médio e longo prazo.

2. *Impactos de política monetária* - O processo de equilíbrio fiscal e financeiro do setor público e sua relação com a política monetária vigente; os custos financeiros como obstáculos ao desenvolvimento e expansão do *agricluster*; a política de crédito e de financiamento das atividades do *agricluster* regional; comportamento das taxas de juros e câmbio e o desempenho do setor.

3. *Impactos de política cambial* - Valorização e desvalorização do Real, preços relativos dos *tradeables*; regularidade da oferta de *tradeables* face à expansão da demanda; efeitos da política cambial sobre a competitividade do *agricluster*; a eficiência da política cambial.

4. *Impacto de política de rendas* - administração e controle de preços, seus efeitos sobre o *agricluster* regional; garantia de preços, estoques reguladores e a renda do setor agrícola; estabilização da renda agrícola e a competitividade do *agricluster* regional; impactos distributivos da política de rendas.

É preciso considerar, por fim, que os dois esquemas metodológicos sugeridos acima, inspirados nas proposições de Haddad (1999), podem ou não ser aplicados integralmente nas análises dos estudos de casos das cadeias produtivas de uma região. A decisão do pesquisador deverá estar em conformidade com o estágio atual do arranjo produtivo local, isto por que a pesquisa pode revelar se a metodologia se aplica no todo ou em parte, e isto depende prioritariamente das cadeias se identificarem como *agriclusters* potenciais (cadeia de produção agroindustrial), efetivos (em plena maturidade) ou incipientes (cadeias produtivas decadentes ou em estágio inicial).

REFERÊNCIAS

AMENDOA, G.; GUERRIERI, P.; PADOAN, P.C. International patterns of technological accumulation and trade. **Journal of International and Comparative Economics**, v. 1, p.173-197, 1992.

ARCHIBUGI, D.; PIANTA, M. The technological specialisation of advanced countries. **A report to the EEC on International Science and Technology Activities**. Boston, 1992.

AYDALOT, P.; KEEBLE, D. High-technology and innovative environments in Europe: an overview. In: AYDALOT, P.; KEEBLE, D. (Eds.), **High Technology Industry an Innovative Environments: The European Experience**. New York, 1988.

- BAPTISTA, R.; SWANN, P. Do firms in clusters innovate more? **Research Policy**, 27, p.525-540, 1998.
- BECATTINI, G. Italian industrial districts: problems and perspectives. **International Studies fo Management & Organization**, v. 21, p. 83-90, 1991.
- BONOMA, T. V. Case research in marketing: opportunities, problems, and a proces. **Journal of Marketing Research**, v. 22, p. 199-208, 1985.
- BRACZYK, H, L. J.; COOKE, P.; HEIDEREICH, M. eds. **Regional Innovation Systems**. London: UCL Press, 1998.
- BRITTO, J.; ALBURQUEQUE, E.M. Clusters industriais na economia brasileira: uma análise exploratória a partir dos dados do RAIS. **Estudos Econômicos**, v.32, n.1, p.71-102, 2002.
- BRUSCO, S. The ideia of the industrial district: its genesis. In **Industrial Districts and Inter-firm Cooperation in Italy**, ed. Pyke, F.; Becattini, G.; Sengenberger, W., p.10-19. Geneva: International Institute for Labour Studies, 1990.
- BECCATTINI, G. Italian industrial districts: problems and perspectives. **International Studies of Management & Organization**, v. 21, p.525-540, 1991.
- CAPELLO, R. Spatial transfer of knowledge in high technology milieu: learning versus collective learning processes. **Regional Studies**, v.33, 353-365, 1999.
- COOKE, P.; MORGAN, K. **The Associational economy: firms, regions and inovation**. Oxford: University Press, 1998.
- FREEMAN, C. The 'national system of innovation' in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, v.19, p.5-24, 1995.
- FURTADO, A. The french system of innovation in the oil industry: some lessons about the role of public policies and sectoral patterns of technological chnage in innovation networking. **Research Policy**, v.25, p.1243-1259, 1997.
- GENET, C. Quelles conditions pour la formation des biotechnopoles: Une analyse dynamique. **Revue d'Economie Régionale et Urbane**, p.405-424, 1997.
- GERTLER, M. S. Being there: proximity, organization, and culture in the development and adoption of avanced manufacturing technologies. **Economic Geograh**y, v.71, p. 1-26, 1995.
- HADDAD, P.R. **A competitividade do agronegócio e o desenvolvimento regional no Brasil: estudo de clusters**. Brasília: CNPq/Embrapa, 1999.
- HOPKINS T.K.; WALLERSTIEN, I. Conclusion about commodity chains. In GEREFFI, G.; KONZENIEWICZ, M. (Eds.), **Commodity Chains and Global Capitalism**,. London: Wesport, 1994.
- HUMPHREY, J.; SCHMITZ, H. Trust and interfirm relations in developing and transition economies. **Journal of Development Studies**, v. 34, n. 4, p. 32-61, 1998.
- ICF KAISER. **The next generation in developement: using cluster anlysis as a tool to achieve economic development and broader social and environmental concerns**. San Francisco: ICF Kaiser, 1997.

- ISAKSEN, A. Regional clusters and competitiveness: the Norwegian case. **European Planning Studies**, v.5, p.65-76, 1997.
- KRUGMAN, P. **Geography and trade**. Cambridge: MIT Press, 1991.
- LAZERSON, M. A new Phoenix? Modern putting-out in modena knitwear industry. **Administrative Science Quarterly**, v.40, p.34-59, 1995.
- LUNDEVALL, B. (ed.). National innovation systems towards a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter, 1992.
- MARSHALL, A. **Principles of Economics**. London: Macmillan, 1920.
- PATEL, P.; PAVITT, K. Large firms in the production of world's technology: an important case of non-globalisation. **Journal of International Business Studies**, v.22, p.1-40, 1991.
- PATEL, P.; VEGA, M. Patterns of internationalisation of corporate technology: location vs. Home country advantages. **Research Policy**, v.28, p.145-155, 1999.
- PIORE, M.; SUBEL, C. The second industrial divide: possibilities for prosperity. New York: Basic Books, 1984.
- PORTER, M. Clusters and the new economics of competition. **Harvard Business Review**, v.76, p.77-90. 1998.
- PORTER, M. The competitive advantage of nations. London: Macmillan, 1990.
- RABELLOTTI, R. **External economies and cooperation in industrial districts: a comparison of Italy and Mexico**. London: Macmillan, 1997.
- RICHARDSON, G. B. The organisation of industry. **The Economic Journal**, v.82, p.883-896, 1972.
- SCHMITZ, H.; NADVI, K. Clustering and industrialization: Introduction. **World Development**, v.27, n. 9, p.1503-1514, 1999.
- SCOTT, A. Regional motors of global economy. **Futures**, v.28, n.5, p.391-411, 1996.
- STENLE, C.; SCHIELE, H. When do industries cluster? A proposal on how to assess an industry's propensity to concentrate at a single region or nation. **Research Policy**, v.31, p.844-858, 2002.
- TENDLER, J.; AMORIM, M. Small firms and their helpers: lessons on demand. **World Development**, v.24, n. 3. p.407-426, 1996.

CAPÍTULO 22

PRODUTIVIDADE, MUDANÇA TECNOLÓGICA E EFICIÊNCIA NA AGROPECUÁRIA DO NORDESTE DO BRASIL NO PERÍODO 1975/1995

Carlos Augusto Pereira Filho & Warli Anjos de Souza

PRODUTIVIDADE, MUDANÇA TECNOLÓGICA E EFICIÊNCIA NA AGROPECUÁRIA DO NORDESTE DO BRASIL NO PERÍODO 1975/1995

Carlos Augusto Pereira Filho¹; Warli Anjos de Souza¹

¹Professor - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: capfilho@ufrb.edu.br; warli@ufrb.edu.br

INTRODUÇÃO

Vários trabalhos sobre a agricultura brasileira têm sido elaborados enfocando o crescimento da produtividade decorrente do ganho de eficiência técnica e do deslocamento da fronteira tecnológica (Ávila & Evenson, 1995; Dias & Bacha, 1998; Pereira et al., 2001; Gomes & Dias, 2001). Em geral, parte-se da construção de uma fronteira tecnológica utilizando-se dados de produção e uso de fatores nas regiões brasileiras, de modo que as regiões que se situarem na fronteira são consideradas eficientes em relação às que se posicionam abaixo da fronteira.

Na maioria destes estudos os resultados indicam que, nas últimas duas décadas, a região nordeste vem apresentando ineficiência na produtividade total dos fatores e deslocando regressivamente a fronteira tecnológica, ou seja, a região, ao longo do tempo, tem se distanciado da fronteira de produção da agropecuária brasileira. Considerando-se o nível de agregação dos dados utilizados nestas análises, pouco se pode inferir sobre as mudanças intra-regionais na produtividade dos fatores e na tecnologia agropecuária.

O presente trabalho enfoca as transformações ocorridas na agropecuária da região Nordeste do Brasil, no que se refere ao comportamento da produtividade e da mudança técnica. Utilizou-se uma abordagem não-paramétrica baseada no modelo DEA (*Data Envelopment Analysis*) para a construção dos índices de Malmquist, o qual permite decompor a produtividade total dos fatores nos seus componentes de eficiência técnica e mudança tecnológica.

METODOLOGIA

O conceito de produtividade está relacionado a dois componentes: produtividade parcial dos fatores e produtividade total. A produtividade parcial é definida pela razão produto/insumo (produtividade média) e mede a contribuição de um fator de produção particular para a eficiência técnica, ignorando o efeito dos demais fatores. Seja Y o produto e x_i um insumo utilizado na produção, a produtividade parcial do insumo x_i (PPF) é dada pela seguinte expressão:

$$PPF = Y/x_i \quad (1)$$

Define-se a produtividade total dos fatores (PTF) como o produto médio de todos os fatores de produção os quais são expressos como um índice. Sendo X o índice de todos os insumos, a PTF é dada pela seguinte expressão:

$$PTF = Y/X = Y/\sum \alpha_i x_i \quad (2)$$

Onde α_i é o peso do insumo x_i .

Os estudos visando analisar a eficiência a partir de fronteiras de produção podem ser agrupados, de acordo com os métodos utilizados para estimar a função de produção, em duas abordagens: paramétrica e não-paramétrica.

Na abordagem paramétrica a função de fronteira é considerada uma função paramétrica dos insumos (Cobb-Douglas, CES, translog, etc). Neste enfoque, distinguem-se os modelos determinísticos e as fronteiras estocásticas. Nos modelos determinísticos a eficiência técnica é dada pelo termo de erro e podem ser estimados por programação linear ou técnicas econométricas. Nos modelos estocásticos, pressupõe-se que o termo de erro tem dois componentes: um ruído branco que representa os efeitos aleatórios sobre a produção e, portanto, fora do controle da unidade de decisão, e um componente assimétrico que mede a ineficiência técnica pela distância em que se situa em

relação ao ótimo (fronteira) e que, assume-se, seja resultante de fatores comportamentais que estão sob o controle da unidade de decisão.

A principal restrição ao emprego dos modelos paramétricos se deve à imposição de uma forma funcional explícita aos dados que podem não corresponder à verdadeira estrutura da tecnologia de produção, resultando em erros de estimativa (Lambert & Shonkwiler, 1995). Mesmo com a utilização de formas funcionais flexíveis, que permitem melhorar as propriedades de aproximação da verdadeira função, podem ocorrer disparidades entre várias estimativas dependendo da forma funcional especificada. Uma segunda restrição aos modelos estocásticos está relacionada ao número de observações disponíveis para as variáveis, o que inviabilizaria a sua aplicação em casos em que o número de graus de liberdade é reduzido.

A abordagem não-paramétrica, desenvolvida mais recentemente, surgiu da necessidade de não se especificar uma forma funcional particular à função de produção. Utilizando técnicas de programação linear, a eficiência é medida como a distância de cada firma em relação a uma fronteira de produção não-paramétrica, construída como uma combinação convexa de insumos-produtos observados. Nesta abordagem, distinguem-se os modelos conhecidos na literatura como *Data Envelopment Analysis* (DEA) que utilizam dados de quantidade de insumos e produtos para obter a fronteira de produção.

Neste estudo utilizou-se o índice generalizado de Malmquist, desenvolvido por Färe et al. (1994), para medir as contribuições do progresso tecnológico e da eficiência técnica ao crescimento da produtividade da agricultura do Nordeste do Brasil.

O índice de produtividade de Malmquist foi proposto por Caves et al. (1982) com base nas funções de distância desenvolvidas por Malmquist (1953).

Färe et al. (1994), a partir do desenvolvimento de uma abordagem não-paramétrica (*Data Envelopment Analysis*) para o cálculo do índice de Malmquist, propuseram a decomposição do crescimento da produtividade em dois componentes mutuamente exclusivos: mudança relativa na eficiência técnica e deslocamento da fronteira de produção (mudança técnica) no decorrer do tempo.

O índice de produtividade total dos fatores (FTP) é uma média geométrica de dois índices de produtividade de Malmquist calculados a partir de quatro funções de distância com orientação produto.

Sendo S^t a fronteira de produção no período t ($t = 1, \dots, T$), a transformação dos insumos ($x^t \in \mathbb{R}^n_+$) em produtos ($y^t \in \mathbb{R}^m_+$) é definida do seguinte modo:

$$S^t = \{(x^t, y^t) : x^t \text{ pode produzir } y^t\} \quad (3)$$

Define-se a função de distância com orientação produto no período t como:

$$D_o^t(x^t, y^t) = \inf \{ \lambda : (x^t, y^t / \lambda) \in S^t \} = \{ \sup \{ \lambda : (x^t, y^t) \in \lambda S^t \} \}^{-1} \quad (4)$$

onde o sub-índice o indica orientação produto.

A função de distância é definida como a recíproca do máximo λ , dado x^t , necessário para aumentar o produto y^t de modo que $(x^t, y^t / \lambda) \in S^t$ (ou seja, a recíproca da medida de eficiência técnica relativa de Farrell). $D_o^t(x^t, y^t) = 1$ apenas se (x^t, y^t) estiver na fronteira tecnológica e a produção é tecnicamente eficiente. Se $D_o^t(x^t, y^t) < 1$ a produção no período t está no interior da fronteira e não é tecnicamente eficiente.

A função de distância com orientação produto no período $t+1$, $D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$, é definida como em (4), substituindo-se t por $t+1$.

Para dois períodos diferentes ($t, t+1$), a função de distância com orientação produto é definida da seguinte forma:

$$D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \inf \{ \lambda : (x^{t+1}, y^{t+1} / \lambda) \in S^t \} \quad (5)$$

A função (5) mede a máxima mudança proporcional no produto y^{t+1} dados os insumos x^{t+1} , sob a tecnologia no período t . De forma semelhante, define-se $D_o^{t+1}(x^t, y^t)$ como a máxima mudança proporcional no produto y^t em relação à tecnologia no período $t+1$.

De acordo com Färe et al. (1994), o índice de mudança da produtividade de Malmquist orientado para produto é dado por:

$$M_0(x^{t-1}, y^{t-1}, x^t, y^t) = \left\{ \left[\frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^t(x^{t-1}, y^{t-1})} \right] \left[\frac{D_o^{t-1}(x^{t-1}, y^{t-1})}{D_o^{t-1}(x^t, y^t)} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

A expressão (6) pode ser decomposta em duas partes de modo que:

$$M_0(x^{t-1}, y^{t-1}, x^t, y^t) = \frac{D_o^{t-1}(x^{t-1}, y^{t-1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \left\{ \left[\frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t-1}(x^{t-1}, y^{t-1})} \right] \left[\frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t-1}(x^t, y^t)} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$M_0(x^{t-1}, y^{t-1}, x^t, y^t) = E(x^{t-1}, y^{t-1}, x^t, y^t) \cdot T(x^{t-1}, y^{t-1}, x^t, y^t)$$

onde $E(x^{t-1}, y^{t-1}, x^t, y^t)$ é o índice de mudança relativa na eficiência e $T(x^{t-1}, y^{t-1}, x^t, y^t)$ é o índice de mudança tecnológica (inovação) entre os períodos t e $t+1$.

Neste estudo, utilizou-se o modelo DEA para construir as fronteiras de produção para cada período e para cada tipo de tecnologia. Comparando-se cada estado da região Nordeste com a fronteira tecnológica tem-se uma medida da eficiência em relação à fronteira e uma medida da mudança da fronteira (inovação ou tecnologia).

Para cada Estado, o índice de produtividade de Malmquist entre os períodos t e $t+1$ é obtido a partir de quatro funções de distância: $D_o^t(x^t, y^t)$, $D_o^{t+1}(x^t, y^t)$, $D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ e $D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$. Utilizando a abordagem não-paramétrica, isto implica na solução, para cada estado k , de quatro problemas de programação linear. Definindo $k = 1, \dots, K$ estados, $t = 1, \dots, T$ períodos, $m = 1, \dots, M$ produtos e $n = 1, \dots, N$ insumos, as seguintes funções de distância são calculadas, pressupondo-se retornos constantes à escala (RCE):

$$[D_o^t(x_k^t, y_k^t)]^{-1} \max_k \quad (8)$$

sujeito a

$$\sum_{k=1}^K y_{k,m}^t \leq \sum_{k=1}^K y_{k,m}^t$$

$$\sum_{k=1}^K x_{k,n}^t \leq x_{k,n}^t$$

$$y_{k,m}^t \geq 0$$

$$[D_o^t(x_k^{t-1}, y_k^{t-1})]^{-1} \max_k \quad (9)$$

sujeito a:

$$\sum_{k=1}^K y_{k,m}^{t-1} \leq \sum_{k=1}^K y_{k,m}^t$$

$$\sum_{k=1}^K x_{k,n}^{t-1} \leq x_{k,n}^t$$

$$y_{k,m}^{t-1} \geq 0$$

Os cálculos de $D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ e $D_o^{t+1}(x^t, y^t)$ são similares a (8) e (9), respectivamente, substituindo-se t por $t+1$.

Visando uma análise mais detalhada das causas de variação da produtividade, o índice de eficiência técnica pode ser decomposto em dois componentes: índice de eficiência técnica pura e índice de eficiência de escala. Para tanto, torna-se necessário estimar os índices de eficiência técnica sob retornos variáveis à escala (RVE). Isto é feito acrescentando-se aos problemas (8) e (9) a restrição $\sum_{k=1}^K x_{k,n}^t = 1$. O índice de eficiência de escala é dado, então, pela razão entre os índices de eficiência técnica calculados sob RCE e RVE.

Fonte e descrição dos dados

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos dos Censos Agropecuários de 1975, 1985 e 1995/96. As seguintes variáveis foram usadas: valor total da produção agropecuária (em Reais de 1994); terra (área total exceto matas naturais, terras em descanso e terra produtivas não utilizadas), mão-de-obra (pessoal ocupado total) e capital (número de tratores de 50 a menos de 100 cv)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas as funções de distância calculadas, sob retornos constantes à escala (RCE), para a construção do índice de Malmquist.

Tabela 1. Funções de distância calculadas, sob retornos constantes à escala, para os estados da região Nordeste do Brasil, períodos de 1975, 1985 e 1995^(*).

Estado	$D^1(x^1, y^1)$	$D^2(x^2, y^2)$	$D^3(x^3, y^3)$	$D^1(x^2, y^2)$	$D^2(x^1, y^1)$	$D^2(x^3, y^3)$	$D^3(x^2, y^2)$
Maranhão	1,000	1,000	1,000	1,021	3,892	7,373	1,225
Piauí	0,418	0,482	0,639	0,366	1,433	0,522	0,590
Ceará	0,750	0,697	0,871	0,915	1,346	0,870	0,661
R.G. Norte	0,460	0,417	0,416	0,538	0,562	0,500	0,341
Paraíba	0,773	0,618	0,691	1,157	0,965	0,775	0,493
Pernambuco	1,000	1,000	1,000	2,320	1,197	1,379	0,903
Alagoas	1,000	1,000	1,000	1,246	0,883	1,174	0,963
Sergipe	0,547	0,523	0,536	0,608	0,531	0,655	0,451
Bahia	1,000	0,678	0,830	0,910	2,084	1,557	0,621
Ind. médio	0,772	0,713	0,776	1,009	1,433	1,645	0,694

^(*)Os sobre-índices 1, 2 e 3 indicam os anos de 1975, 1985 e 1995, respectivamente.

Para se decompor os índices de eficiência técnica, sob RCE, nos componentes eficiência técnica pura e eficiência de escala, torna-se necessário o cálculo das funções de distância $D^1(x^1, y^1)$, $D^2(x^2, y^2)$ e $D^3(x^3, y^3)$ sob a condição de retornos variáveis à escala. Estas funções são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Funções de distância calculadas sob retornos constantes à escala para os estados da região Nordeste do Brasil, períodos de 1975, 1985 e 1995*.

Estado	$D^1(x^1, y^1)^{rve}$	$D^2(x^2, y^2)^{rve}$	$D^3(x^3, y^3)^{rve}$
Maranhão	1,000	1,000	1,000
Piauí	1,000	1,000	1,000
Ceará	0,771	0,744	0,875
R.G. Norte	0,613	0,564	1,000
Paraíba	0,947	1,000	0,841
Pernambuco	1,000	1,000	1,000
Alagoas	1,000	1,000	1,000
Sergipe	1,000	1,000	1,000
Bahia	1,000	1,000	1,000
Ind. Médio	0,926	0,923	0,969

^(*)Os sobre índices 1, 2 e 3 indicam os anos de 1975, 1985 e 1995, respectivamente.

Os três primeiros índices (colunas 2 a 4) da Tabela 1 permitem avaliar, para cada ano considerado, a eficiência técnica de cada estado em relação à fronteira tecnológica regional. Pode-se observar que, no ano de 1975, a fronteira tecnológica foi determinada pelos estados do Maranhão, Pernambuco, Alagoas e Bahia [$D^1(x^1, y^1) = 1$]. Nos demais períodos (1985 e 1995) o estado da Bahia apresentou ineficiência técnica [$D^1(x^1, y^1) < 1$] e a fronteira tecnológica foi determinada pelos estados do Maranhão, Pernambuco e Alagoas. A perda de eficiência técnica no estado da Bahia, decorreu da ineficiente escala de operação, como pode ser observado pela comparação dos índices de eficiência técnica calculados sobre RCE e RVE.

Os índices de Malmquist e sua decomposição em mudança de eficiência técnica, mudança tecnológica e mudança de escala são apresentados nas Tabelas 3 e 4, para os períodos de 1975/85 e 1985/95, respectivamente.

No período 1975/85 (Tabela 3), apenas os estados de Pernambuco, Alagoas e Sergipe apresentaram ganhos de produtividade total dos fatores os quais, considerando que não houve variações nos índices de eficiência técnica¹, foram decorrentes de mudança tecnológica. Para os demais estados, a produtividade total dos fatores decresceu

¹ Exceto para o estado de Sergipe que apresentou uma pequena perda de eficiência de escala.

devido à perda de eficiência técnica, regressão da fronteira de produção ou de ambas. Neste período, apenas o estado do Piauí apresentou ganhos de eficiência técnica, da ordem de 15,4%, decorrente de ganhos de escala, como pode ser observado nas duas últimas colunas da Tabela 3. Este ganhos de eficiência técnica, no entanto, não se refletiu em ganhos na produtividade total dos fatores (PTF) já que ocorreu uma regressão da fronteira tecnológica.

Tabela 3. Índices de mudanças relativas na eficiência técnica, na fronteira tecnológica, na escala e na produtividade total dos fatores, para os estado do Nordeste do Brasil, período 1975/85.

Estado	Índice de mudança na PTF	Índice de mudança na eficiência técnica total	Índice de mudança na fronteira tecnológica	Índice de mudança na eficiência técnica pura	Índice de mudança na eficiência de escala
Maranhão	0,512	1,000	0,512	1,000	1,000
Piauí	0,543	1,154	0,470	1,000	1,154
Ceará	0,794	0,929	0,855	0,964	0,963
R.G. Norte	0,933	0,908	1,028	0,920	0,986
Paraíba	0,978	0,799	1,225	1,056	0,757
Pernambuco	1,392	1,000	1,392	1,000	1,000
Alagoas	1,188	1,000	1,188	1,000	1,000
Sergipe	1,047	0,957	1,094	1,000	0,957
Bahia	0,544	0,678	0,802	1,000	0,678
Ind. médio	0,831	0,927	0,897	0,993	0,934

No período 1985/95 (Tabela 4), todos os estados nordestino apresentaram crescimento da produtividade total dos fatores, com destaque para os estados do Maranhão e da Bahia que apresentaram taxas crescimento da ordem de 145,3% e 75%, respectivamente. Os índices médios regionais de mudança na eficiência técnica, na fronteira tecnológica e na produtividade total dos fatores foram todos maiores do que 1, indicando que o ganho de produtividade no período deveu-se à expansão da fronteira técnica (23,9%) e à mudança na eficiência técnica (9,8%). Os estados do Maranhão, Pernambuco e Alagoas apresentaram ganhos na produtividade total dos fatores decorrentes exclusivamente de expansão da fronteira de produção já que os índices de mudança na eficiência técnica foram iguais a 1. O estado do Rio Grande do Norte foi o único estado que apresentou perda de eficiência técnica, causada pela insuficiente escala de operação a qual foi compensada pela expansão da fronteira tecnológica.

Buscando-se evidências de quais Estados podem estar deslocando a fronteira tecnológica, é preciso que três condições se verifiquem: a) que o índice de mudança tecnológica entre o período t e t+1 seja maior do que 1 (evidência de mudança tecnológica); b) que a eficiência técnica de cada Estado no período t+1 seja igual a 1 (ou seja, havendo deslocamento da fronteira, os Estados que o fazem devem estar situadas sobre ela); c) que o produto da região em t+1 seja maior do que o máximo obtido no período t, utilizando-se os insumos do período t+1 (o produto potencial em t+1 maior que o máximo produto em t, evidencia progresso técnico). Para o primeiro período (1975/85) os resultados não indicam qualquer Estado que fosse responsável pelo deslocamento da fronteira técnica. Para o período 1985/95, dadas as condições supra mencionadas, os estados de Pernambuco e Alagoas destacam-se como deslocadores da fronteira tecnológica.

Tabela 4. Índices de mudanças relativas na eficiência técnica, na fronteira tecnológica, na escala e na produtividade total dos fatores, para os estado do Nordeste do Brasil, período 1985/95.

Estado	Índice de mudança na PTF	Índice de mudança na eficiência técnica	Índice de mudança na fronteira tecnológica	Índice de mudança na eficiência técnica pura	Índice de mudança na eficiência de escala
Maranhão	2,453	1,000	2,453	1,000	1,000
Piauí	1,083	1,326	0,816	1,000	1,326
Ceará	1,283	1,251	1,025	1,177	1,063
R.G. Norte	1,207	0,996	1,212	1,774	0,561
Paraíba	1,326	1,119	1,185	0,841	1,330
Pernambuco	1,236	1,000	1,236	1,000	1,000
Alagoas	1,104	1,000	1,104	1,000	1,000
Sergipe	1,220	1,024	1,191	1,000	1,024
Bahia	1,750	1,223	1,431	1,000	1,223
Ind. médio	1,360	1,098	1,239	1,065	1,031

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem inferir que, no período 1975/85, houve um declínio na produtividade do setor agropecuário da região Nordeste do Brasil determinado, principalmente, por perda de eficiência técnica e deslocamento regressivo da fronteira tecnológica. Estes resultados, contudo, não permitem conclusões sobre os determinantes deste comportamento, embora seja possível estabelecer algumas relações com a política agrícola vigente no período. Pode-se argumentar que, dentre outras, a política de crédito vigente no período, conforme assinalam Gomes & Dias (2001), favoreceu a elevação dos investimentos no setor agropecuário. Contudo, considerando-se que existe uma defasagem entre investimentos e produção e que, por força do modelo utilizado, o valor da produção é função dos investimentos realizados no mesmo período, os índices de eficiência calculados possivelmente estejam subestimados.

É provável que os resultados referentes ao segundo período analisado (1985/95), sejam, dentre outros fatores, reflexos dos investimentos realizados no primeiro período. Outros fatores, como a melhoria das relações de preços agropecuário/industrial e recebidos/pagos pelo setor agropecuário, assinalados por Bacha & Rocha (1998), podem ter contribuído para o desempenho da agricultura nordestina neste período.

Os resultados obtidos neste estudo devem ser observados com parcimônia pois alguns aspectos podem estar contribuindo para os índices calculados como erros na medição das variáveis, fatores não controlados pelos produtores como clima e preços agrícolas, entre outros.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, A.F.D.; EVENSON, R. E. Total factor productivity growth in the brazilian agriculture and the role of agricultural research. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 33, 1995, Curitiba. **Anais...** Brasília: SOBER, 1995. p-631-657.

BACHA, C.J.C.; ROCHA, M. T. O comportamento da agropecuária brasileira no período de 1987 a 1996. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v. 36, n. 1, p. 35-59, 1998.

CAVES, D.; CHRISTENSEN, L.; DIEWERT, E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. **Econometrica**, v. 50, p. 1393-1414, 1982.

DIAS, R. S.; BACHA, C. J. C. Produtividade e progresso tecnológico na agricultura brasileira. **Economia & Tecnologia**, v. 1, n. 3, p. 4-11, 1998.

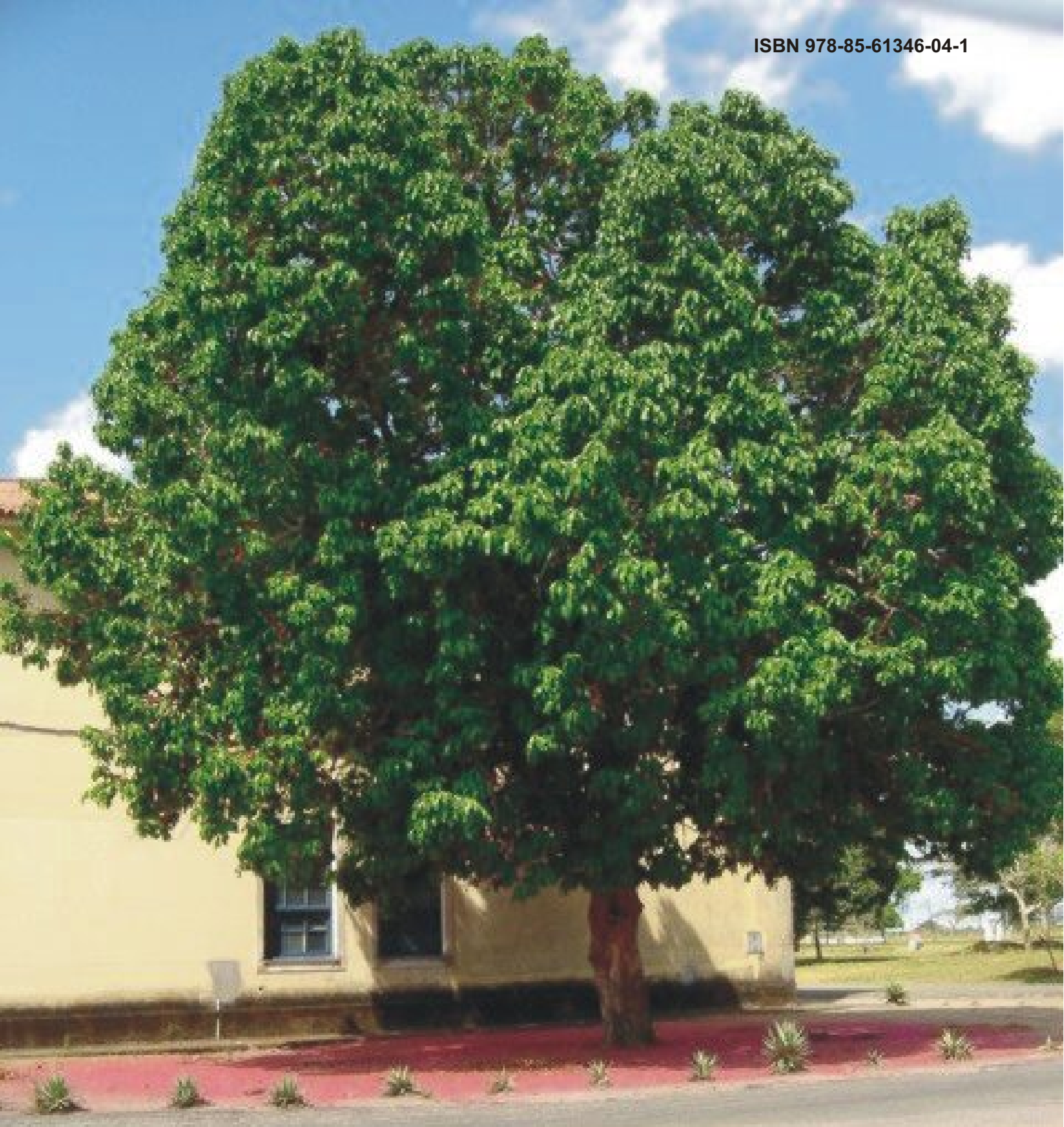
FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; NORRIS, M.; ZHANG, Z. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. **American Economic Review**, v. 84, p. 66-83, 1994.

GOMES, A. P.; DIAS, R. S. Medidas de produtividade na agropecuária brasileira: 1985-1995. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 2001, Recife. **Anais...** Brasília: SOBER, CD-ROM 2001.

LAMBERT, D. K.; SHONKWILER, J. S. Factor bias stochastic technical change. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 37, p.578-90, 1995.

MALMQUIST, S. Index numbers and indifference curves. **Trabajos de Estadística**, v. 4, p.209-242, 1953.

PEREIRA, M. F.; SILVEIRA, J. S. T.; ALVES, A. F.; PARRÉ, J. L. Mensuração da eficiência técnica na agropecuária brasileira através da estimação econométrica de fronteiras de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 2001, Recife. **Anais...** Brasília: SOBER, CD-ROM 2001.



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIA ANIMAL**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM RECURSOS GENÉTICOS DE VEGETAIS**