

# SUSTENTABILIDADE E AGRICULTURA HOJE



**UNIARAXÁ**  
CENTRO UNIVERSITÁRIO

**Organizadores**  
**José Carlos da Silva**  
**Arejacy Antônio Sobral Silva**  
**Rafael Tadeu de Assis**



José Carlos da Silva  
Arejacy Antônio Sobral Silva  
Rafael Tadeu de Assis  
Organizadores

# **SUSTENTABILIDADE E AGRICULTURA HOJE**

Uberlândia, MG - 2014

### **Editores responsáveis**

José Carlos da Silva  
Arejacy Antônio Sobral Silva  
Rafael Tadeu de Assis

### **Capa**

Gustavo Augusto dos Santos  
Fernando Shadu  
Setor de Marketing Uniaraxá  
Foto: Sarah Laert Russi Maia

### **Revisores**

José Carlos da Silva  
Arejacy Antônio Sobral Silva  
Rafael Tadeu de Assis

### **Revisão ortográfica**

Jaqueline de Souza Borges Assis

### **Ficha catalográfica**

Maria Clara Fonseca – Bibliotecária CRB6/942

Catalagação na Fonte - Biblioteca Central do UNIARAXÁ

---

Sustentabilidade e agricultura hoje/ organização: José Carlos da Silva, Arejacy Antônio Sobral Silva, Rafael Tadeu de Assis. Uberlândia: Composer, 2014.

190p.

ISBN: 978-85-8324-024-2

1-Sustentabilidade. 2. Agricultura. 3. Tecnologias Brasil. 4. Economia. 5. Produtividade. I. Silva José Carlos da. II. Silva, Arejacy Antônio Sobral, III. Assis, Rafael Tadeu de. I. Título.

---

## APRESENTAÇÃO

As Semanas Agronômicas possibilitam trazer à tona temas importantes e reunir ideias de profissionais com ampla experiência no mercado de trabalho, despertando o pensamento crítico para a sustentabilidade, que constitui hoje uma realidade cada vez mais presente no agronegócio.

A presente obra, referente à “VII Semana Agronômica do Uniara-xá”, tem novamente como eixo temático a questão da “Sustentabilidade”. Ela vem ao encontro da proposta inicial de trazer à reflexão o mesmo tema, em cinco edições consecutivas, a fim de permitir a discussão do assunto com maior intensidade, buscando a abordagem de vários autores. Como o tema é muito amplo e pode ser aplicado a vários setores da economia rural e de sustentação das empresas, os mesmos foram convidados a participar do volume, apontando suas experiências de atuação nos tópicos desenvolvidos no evento.

O livro traz capítulos com foco na **agricultura hoje**, com resultados de estudos voltados para esta realidade em várias linhas de pensamento e pesquisa. Parte do pressuposto de que o agronegócio é setorizado e diversificado, com amplas cadeias produtivas gerando outros subprodutos, o que deve ser acompanhado de perto por uma gestão cada vez mais sustentável e economicamente ecológica. Discutir o tema é sempre muito intrigante, pois se deve avaliar como promover a máxima produtividade, sem perder de vista a eficácia em matéria de sustentabilidade.

Para os alunos, professores e leitores, a oportunidade é de vivenciar mais uma vez a temática, promovendo uma reflexão sobre a perspectiva de formação de um elo cada vez mais forte entre sustentabilidade e produtividade.

Agradeço a colaboração de todos os professores, autores e em especial o professor Mestre Arejacy Antônio Sobral Silva pelo trabalho prestado ao Curso de Agronomia do Uniara-xá.

*Dr. José Carlos da Silva*

Coordenador do Curso de Agronomia  
Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas



## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
USO EFICIENTE DO PASTO	7
<i>Dawson José Guimarães Faria</i>	
<i>Janaina Azevedo Martuscello</i>	
<i>Caroline Martins Gonçalves</i>	
RECOMENDAÇÕES PARA A COLHEITA DO CAFÉ	25
<i>Felipe Santinato</i>	
<i>Tiago de Oliveira Tavares</i>	
<i>Roberto Santinato</i>	
<i>Alino Pereira Duarte</i>	
<i>Rouverson Pereira da Silva</i>	
<i>Renato Adriane Alves Ruas</i>	
EFEITOS FISIOLÓGICOS PROVOCADOS POR FUNGICIDAS	45
<i>Daniela Resende Carrijo</i>	
<i>Durval Dourado Neto</i>	
QUEIJO MINAS ARTESANAL: NOVO PERFIL DA IGUARIA MINEIRA	63
<i>Sílvia de Lima Passos</i>	
<i>Gisele Maria Santos e Cintra</i>	
<i>Calimério Antônio Guimarães</i>	
MOFO BRANCO DA SOJA: ESTRATÉGIAS DO MELHORAMENTO GENÉTICO CLÁSSICO	81
<i>Leonardo Humberto Silva e Castro</i>	
<i>Rafael Tadeu de Assis</i>	
<i>Letícia Ane Suzuki Nociti</i>	
AMIDO DE BATATA: SUBPRODUTO DA INDÚSTRIA DE BATATA PRÉ-FRITA CONGELADA	95
<i>Katia Cristina Sanchez Botelho</i>	
ASSOCIAÇÕES MICORRÍZICAS	105
<i>Ernane Miranda Lemes</i>	
<i>Lucas Carvalho Basilio de Azevedo</i>	
<i>Lísias Coelho</i>	

MELHORAMENTO GENÉTICO PARA RESISTÊNCIA ÀS DOENÇAS COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DA SOJA	121
<i>Leonardo Humberto Silva e Castro</i> <i>Aluizio Borém de Oliveira</i> <i>Ernane Miranda Lemes</i>	
MANEJO DE GRANDES CULTIVOS PARA ALTAS PRODUTIVIDADES	139
<i>Fernando Simoni Bacilieri</i>	
USO DE LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA	155
<i>Jorge Luiz da Paixão Filho</i> <i>Mario Luiz Rodrigues Foco</i>	
EFICIÊNCIA PRODUTIVA NA CULTURA DO MILHO	169
<i>Adilson Nunes da Silva</i> <i>Halan Vieira de Queiroz Tomaz</i> <i>Rafael Tadeu de Assis</i>	
CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA POR ASPERSÃO FIXO PARA A IRRIGAÇÃO DE PASTAGENS	181
<i>Vinicius de Oliveira Rezende</i> <i>Eusímio Felisbino Fraga Júnior</i>	

# USO EFICIENTE DO PASTO

*Dawson José Guimarães Faria<sup>1</sup>*

*Janaina Azevedo Martuscello<sup>2</sup>*

*Caroline Martins Gonçalves<sup>3</sup>*

## Introdução

A produção animal em pastagens apresenta vantagens em relação aos outros sistemas de produção, devido ao fato do pasto ser o alimento mais viável economicamente para a alimentação de ruminantes. Estima-se que o custo de produção da forragem oriunda da pastagem, na mesma unidade de medida, corresponde a um terço do originado a partir de outras fontes de alimento, como silagem, feno e alimentos concentrados. Neste contexto, o Brasil encontra-se em situação privilegiada, uma vez que as estimativas são de que 96,5% do plantel de bovinos são manejados exclusivamente em pastagens, sendo os 3,5% restantes, em sua maioria, criados em pastagens por algum período do ciclo de produção (ANUALPEC, 2012).

Nos últimos anos o elevado potencial de produção das pastagens tropicais tem sido ressaltado e justificado pela disponibilidade de espécies forrageiras com elevado potencial de produção e adaptação ao pastejo. Entretanto, recomendações de manejo para a maioria das forrageiras utilizadas nos sistemas de produção brasileiro têm sido realizadas de forma empírica, fundamentando-se em intervalos de descanso, taxas de lotação e/ou intensidade de corte/pastejo fixos, raramente respeitando a fisiologia da planta e sem o devido controle de características estruturais do pasto. Como consequência, o desempenho das pastagens é muito variável e inconsistente, resultando num baixo desempenho zootécnico do rebanho brasileiro, gerando um elevado grau de insatisfação por parte de produtores e técnicos do setor. Talvez esta insatisfação explique a extensão das pastagens degradadas no Brasil.

---

<sup>1</sup> Professor do IFTM – campus Uberaba; Rua João Batista Ribeiro, 4000 - Distrito Industrial II. – CEP: 38.064-790. dawson@iftm.edu.br

<sup>2</sup> Professora da UFSJ.

<sup>3</sup> Graduanda em Zootecnia do IFTM – campus Uberaba.

Acrescenta-se ainda que sistemas de produção animal em pastagens são entidades bastante complexas e possuem uma série de componentes bióticos e abióticos que interagem entre si de diferentes maneiras. Assim, para a devida compreensão das relações causa-efeito e respostas de plantas forrageiras e animais ao pastejo, torna-se essencial que parâmetros relacionados com sua ecofisiologia sejam avaliados e considerados quando da idealização de estratégias de uso das pastagens como recurso produtivo (DA SILVA & PEDREIRA, 1997).

Diante do exposto, objetivamos com este texto discorrer sobre algumas práticas e alternativas do manejo da pastagem que visem o uso eficiente do pasto.

### **Produção animal em pastagens**

A produção animal em pastagens deve ser entendida, do ponto de vista do funcionamento, como resultado de três etapas interdependentes: crescimento, utilização e conversão (HODGSON, 1990).

Para melhorar a eficiência da produção animal em pastagem é preciso melhorar as eficiências de cada etapa produtiva. De acordo com Hodgson (1990), a eficiência de crescimento contribui somente com 2 a 4% da capacidade produtiva do sistema. A conversão também possui reduzida eficiência energética (7 a 15%). Por outro lado, a etapa de utilização possui maior eficiência (40 a 80 %). Assim, verifica-se que, dentre as etapas da produção animal em pastagem, a utilização é aquela que apresenta maior participação/contribuição para a eficiência total do sistema produtivo, porque o homem tem maior controle sobre os fatores que afetam a utilização do pasto, em comparação aos fatores determinantes do crescimento e conversão do pasto em produto animal. Com isto, as ações de manejo devem, prioritariamente, ser empregadas na etapa de utilização, através do controle e monitoramento do processo de pastejo, para resultar em aumento da produtividade do sistema (DA SILVA & CORSI, 2003).

Os processos pelos quais a planta forrageira intercepta e fixa a energia proveniente do sol e, através de reações bioquímicas, transforma essa energia em tecido vegetal são responsáveis pela produção de forragem na pastagem e correspondem à etapa de crescimento. A eficiência dessa etapa é afetada pela disponibilidade de luz, água, temperatura, nutrientes, radiação solar, potencial genético da planta forrageira,

bem como pelo manejo conferido pelo homem. O uso de adubos e corretivos, o emprego de irrigação, a escolha de plantas forrageiras com maior potencial genético para produção de forragem são alguns exemplos de possibilidades de interferência que o homem pode realizar. Em geral, o limitante ao crescimento do pasto é a inadequação do ambiente, incluindo o manejo realizado pelo homem à planta forrageira. Essas limitações ambientais resultam, na prática, em valores de produção de forragem em pastagens normalmente aquém do potencial genético de produção de forragem das gramíneas tropicais.

A colheita da forragem produzida na pastagem pelo animal através do pastejo corresponde à etapa de utilização. Esta etapa é que garante os baixos custos, normalmente, associados aos sistemas de produção animal em pastagens, porque, com o pastejo, não há a necessidade de gastos com mão-de-obra e combustível para as atividades relacionadas à colheita, transporte e distribuição da alimentação aos animais, como ocorre em sistemas de confinamento. Para melhorar a utilização do pasto, o pecuarista pode modificar a taxa de lotação na pastagem, alterar os períodos de descanso e de ocupação dos pastos e subdividir as áreas de pastagens na propriedade. Infelizmente, a etapa de utilização dos pastos tropicais não tem recebido a merecida atenção nos sistemas pecuários brasileiros. Uma consequência disso é que, em termos médios, as perdas de forragem nas pastagens brasileiras atingem níveis de 40 a 65% (BARIONI *et al.*, 2003), valores inaceitáveis para qualquer cultura agrícola, e que caracterizam a baixa eficiência da etapa de utilização dos nossos pastos. Este tema será melhor analisado no próximo tópico deste trabalho.

Finalmente, a forragem consumida pelos animais contém nutrientes (proteína, fibra, minerais, vitaminas, etc) que serão usados para a formação dos tecidos e dos produtos de interesse humano. Isso ocorre através de reações químicas e fisiológicas no organismo do animal. Esta última etapa corresponde à conversão da forragem consumida em produto animal (carne, leite, lã, trabalho, etc). Dentre os fatores que influenciam a etapa de conversão, pode-se citar o mérito genético do animal, o valor nutritivo da forragem e a estrutura do pasto. Esta última corresponde à forma da planta na pastagem, ou seja, significa a maneira como os órgãos da parte aérea da planta estão dispostos no pasto. Assim, por exemplo, se o pasto tem mais quantidade de folha em

relação ao colmo (talo), melhor será o potencial de sua transformação em produto animal.

É importante esclarecer também que o processo produtivo em pastagens permite enormes possibilidades de melhorias. Entretanto, a ação de manejo realizada de forma isolada sobre única etapa limita ou diminui seu potencial de impacto no sistema. É o que ocorre quando o produtor estabelece uma planta forrageira com alto potencial produtivo (melhoria na etapa de crescimento), mas não colhe eficientemente a forragem produzida (descuido com a etapa de utilização). Ou quando o pecuarista cria animais de alto potencial genético (melhoria na etapa de conversão), porém não produz alimento em quantidade e em qualidade (descuido com a etapa de crescimento).

Da mesma forma, ações de manejo que exercem efeito marcante em determinada etapa do processo produtivo também geram consequências nas demais etapas, o que torna necessária alteração no manejo geral do sistema de produção animal em pastagem. Por exemplo: a escolha da espécie ou cultivar de planta forrageira a ser utilizada influencia diretamente a etapa de crescimento, porque cada planta possui um potencial de produção determinado geneticamente e que, em função das condições do ambiente, pode ser expresso em escalas variáveis. Porém, a decisão sobre o tipo de planta forrageira a ser utilizada não interfere apenas na etapa de crescimento. O tipo de forrageira também influencia as ações de manejo do pastejo empregadas durante a etapa de utilização. Parece haver um consenso de que plantas eretas, de porte alto e com taxa de crescimento acelerado, como os capins Tanzânia, Mombaça e Elefante, são mais indicadas para a utilização sob lotação rotacionada, enquanto que as forrageiras de porte mais baixo, para uso em lotação contínua (RODRIGUES & REIS, 1999).

## **O manejo do pastejo**

O manejo do pasto é composto por um conjunto de ações que visa à maximização da disponibilidade de forragem por unidade de área. Na busca pela eficiência do uso do pasto e no processo de aperfeiçoamento da produção de uma pastagem, tanto sob lotação contínua quanto intermitente, o manejo deve estar centrado no entendimento do compromisso entre a necessidade de reter área foliar para fotossíntese e a necessidade de remoção do componente foliar, antes de sua senescência, para então alcançar determinada produtividade (PARSONS et al.,

1988). Assim, a taxa de acúmulo de forragem pode variar amplamente em função de condições edafoclimáticas e manejo. Evangelista (1988) relata uma relação antagonônica, ou seja, o rendimento máximo do animal depende de exploração ou desfolhação do pasto, que, para render o máximo, não deverá ser desfolhada muito intensamente. Assim, o desafio do manejo do pasto consiste em retirar a máxima produção animal sem extinguir a forrageira. Para atingir o objetivo do manejo da pastagem, deve-se conhecer as variações de rendimento das forrageiras no decorrer do ciclo, para escolher o momento ou o grau de desfolha a realizar nas plantas (Figura 1).

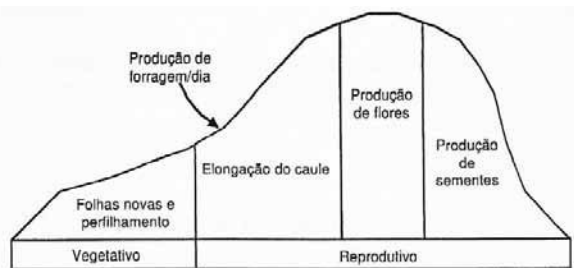


Figura 1: Relação entre diferentes estádios de crescimento e produção de forragem  
 Fonte: Gardner & Alvim (1985)

Ainda segundo Gardner & Alvin (1988), é sabido, que à medida que aumenta a quantidade de forragem disponível, há tendência de diminuição de qualidade. O que se deve buscar é o ponto adequado para obter-se o máximo rendimento, com melhor qualidade possível, o que corresponderia a estar empregando uma pressão de pastejo compatível com a taxa de lotação da pastagem, independentemente do sistema de produção, se contínuo ou intermitente (Figura 2).

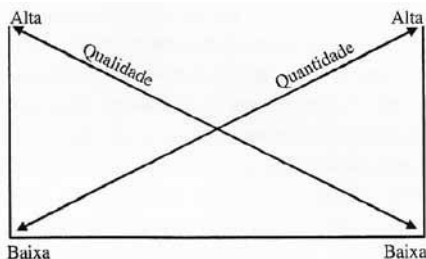


Figura 2 - Relação entre quantidade e qualidade da forragem.  
 Fonte: Gardner & Alvim (1985)

Segundo Carvalho *et al.* (1999), as práticas de manejo comumente adotadas influenciam a estrutura do pasto e esta, por sua vez, afeta decisivamente o consumo e os padrões de comportamento dos animais em pastejo. Carvalho *et al.*, 2012, de forma geral, levando-se em conta o que é possível ser gerenciado no sistema de produção, ressalta que o manejo do pastejo é conduzido sob duas principais ações, quais sejam: a definição da intensidade de pastejo e do método de pastejo. Dessa maneira, o processo de pastejo necessita ser controlado no âmbito da interfase planta-animal, uma vez que o crescimento da planta é constantemente influenciado pela ação do animal por meio da remoção de folhas pelo pastejo, seletividade, pisoteio e deposição de dejetos. Assim, o manejo do pastejo pode ser estabelecido pela adequada associação entre intensidade e frequência de desfolhação. A intensidade de desfolhação pode ser definida como proporção da forragem ofertada que é removida pelo animal em pastejo. Já, a frequência de desfolhação diz respeito ao número de desfolhação que uma folha ou perfilho sofre em um dado período de tempo. Segundo Hodgson e Da Silva (2002) a manutenção rigorosa de condições de pasto que visam garantir uma determinada estrutura permite o controle estrito das respostas das plantas forrageiras às combinações entre frequência e intensidade de pastejo.

Os estudos realizados com importantes espécies forrageiras tropicais como *Brachiaria brizantha*, cultivares *Marandu* (TRINDADE *et al.*, 2007; SOUZA JR., 2007) e *Xaraés* (PEDREIRA *et al.*, 2007; SOUSA, 2009), e *Panicum maximum*, cultivares Mombaça (CARNEVALLI *et al.*, 2006) e Tanzânia (DIFANTE *et al.*, 2009 a, b), dentre outras, onde a estrutura do dossel e/ou, seus padrões de variação foram cuidadosamente monitorados, têm gerado informações e conhecimento importante acerca das respostas de plantas forrageiras e animais às estratégias de pastejo. Estas experimentações com base no controle estrito das condições e, ou, estrutura do dossel forrageiro na entrada e saída dos animais dos piquetes (pré e pós-pastejo) no caso de lotação intermitente (sistema rotacionado), têm resultado em melhoria e refinamento do manejo do pastejo dos capins Mombaça, Tanzânia e Marandu (SBRISSIA *et al.*, 2009).

Em plantas forrageiras de clima tropical, em que a fração colmo representa porção significativa do crescimento das plantas (DA SILVA, 2004), o acúmulo de colmo e de tecido morto só começa a ser incre-

mentado de maneira significativa a partir da condição em que o dossel intercepta 95% da luz incidente, ou seja, atinge seu índice de área foliar (IAF) crítico (DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2006). Nesse ponto, a massa de forragem é composta por elevada porcentagem de folhas e pequena porcentagem de material morto e colmos, sendo estes finos e tenros. Assim, em vários trabalhos de pesquisa vem-se demonstrando e confirmando que o uso do critério para interrupção da rebrotação é quando 95% da luz incidente são interceptados (IAF crítico), pois corresponde à condição em que maior taxa de acúmulo de folhas é obtida. Além disso, esse critério tem alta correlação com a altura do dossel forrageiro na condição pré-pastejo (Tabela 1), o que favorece e facilita sua identificação e aplicação de maneira simples e direta em condições de campo (DA SILVA; NASCIMENTO JR., 2006), visto que a mensuração da interceptação luminosa é prática complicada em condições de campo.

Tabela 1 – Recomendações de alturas médias dos pastos para a entrada (condição associada a 95% da interceptação luz pelo dossel) e saída dos animais do piquete em condição de lotação intermitente

	Altura do pasto (cm)		Fonte
	Entrada (Pré-desfolhação)	Saída (Pós-desfolhação)	
Gramínea			
Capim-mombaça	90	30 a 50	Carnevall et al. (2006)
Capim-tanzânia	70	30 a 50	Barbosa et al. (2007)
Capim-aruana	30	15	Zanini et al. (2012)
Capim-marandu	25	10 a 15	Trindade et al. (2007)
			Pedreira et al. (2007),
Capim-xaraés	30	15 a 20	Sousa (2009)
Capim-cameroon	100	40 a 50	Voltolini (2006)
Capim-andropógon	50	27 a 34	Sousa (2009)
Capim-humidicola	30	16	Vilela (2011)
Capim-braquiariinha	16	10	Braga et al. (2008)
Capim-mulato	30	15 a 20	Silveira (2010)

Fonte: Adaptado de Nascimento Jr *et al.* (2010).

Com relação à altura do pasto ao término do período de ocupação, ou seja, a altura pós-desfolhação ou altura de resíduo (Tabela 1), seus valores podem ser adotados de modo mais flexível, de acordo com

o perfil e o objetivo do pecuarista, tais como: nível de desempenho animal desejado, ajuste da eficiência de colheita da forragem produzida, e geração de flexibilidade de manejo no sistema de produção (DA SILVA & NASCIMENTO JÚNIOR, 2006). Nesse sentido, caso o objetivo do pecuarista seja manter alto consumo e desempenho dos animais, deve-se retirar os animais dos piquetes quando o pasto estiver com mais de 50% da altura de pré-pastejo. Por exemplo, para o caso de um pasto de capim-tanzânia, cuja altura preconizada para entrada dos animais nos piquetes é de 70 cm, as metas de altura pós-pastejo para garantir alto desempenho do animal seriam aquelas maiores do que 35 cm.

Vale aqui destacar que, principalmente devido aos fatores climáticos, o ritmo de crescimento das plantas forrageiras varia entre as estações do ano, de localidade para localidade, de ano para ano. Também o nível tecnológico do sistema de produção, representado principalmente pelos níveis de fertilizantes e corretivos aplicados e a utilização de irrigação da pastagem, também tem influência sobre o ritmo de crescimento de plantas forrageiras.

De acordo com Da Silva (2011), como o padrão de acúmulo de forragem depende da interceptação e competição por luz, quanto mais rápido um pasto cresce e/ou rebrota, mais rápido ele estará em condições de receber animais para um novo pastejo, indicando que o uso de dias fixos e pré-definidos para intervalos de pastejo é limitado e pode causar sérios prejuízos para a qualidade da forragem produzida e, conseqüentemente, para a produção animal.

De fato, Uebele (2002) trabalhando com capim-Mombaça (*Panicum maximum* cv Mombaça) submetido a regimes de lotação intermitente por vacas em lactação, de janeiro de 2001 a fevereiro de 2002, verificou intervalo médio entre pastejos em pastos de 22, 24 e 95 dias, respectivamente para primavera, verão e outono-inverno, quando adotou-se como critérios de manejo, 95% de IL para a entrada dos animais no piquete e 30 cm de altura de resíduo.

Os prejuízos causados quando não se ajusta o período de descanso podem ser mais críticos quanto melhores forem as condições de crescimento para as plantas, ou seja, quanto mais rápido elas crescem (solos de elevada fertilidade, adubados, irrigados, estações do ano com maiores temperaturas e precipitação etc.), sugerindo maior necessidade

de monitoramento eficiente e dificuldade de manejo em melhores condições de crescimento e produção das pastagens.

Portanto, é notório que, para melhorar a eficiência do uso do pasto, o conhecimento dos padrões de crescimento e acúmulo de forragem das plantas forrageiras é muito importante, porque permite controlar a composição da forragem produzida por meio de ajustes no intervalo de pastejo ou período de descanso dos pastos, que refletirá na produção animal em pastagem.

Caso um período de descanso muito longo fosse utilizado, o pasto diminuiria a produção de folhas e aumentaria a produção de colmos e de material morto, componentes esses que são rejeitados pelos animais e normalmente se acumulam na base dos pastos, formando a “maçega” que geralmente dá origem a ações como roçada e uso do fogo ao final do período seco e início do período chuvoso seguinte (DA SILVA, 2011), e poderá influenciar negativamente a produção animal (Tabela 2). Caso um período de descanso muito curto seja utilizado, o pasto ainda não estará apto a ser pastejo, ou seja, não terá reconstituído ainda sua área foliar e seus compostos de reserva.

Tabela 2 – Produção diária de leite em pastos de capim-elefante submetidos a estratégias de pastejo rotativo caracterizadas por período fixo de descanso de 27 dias ou 95% de interceptação de luz (IL) durante a rebrotação

Resposta	Estratégia de Manejo	
	27 dias	95% de IL
Altura média dos pastos (cm)	120	100
	2006	
Produção de leite (kg/vaca.dia)	14,9	17,6
Taxa lotação (UA/ha)	5,8	8,3
Produção de leite (kg/ha.dia)	75,0	114,0
	2007	
Produção de leite (kg/vaca.dia)	11,0	13,0
Taxa lotação (UA/ha)	6,7	9,2
Produção de leite (kg/ha.dia)	57,0	83,5

Fonte: Adaptado de Voltolini (2006) e Carareto (2007).

Outro método de lotação utilizado no Brasil é a lotação contínua. Nesta condição, os pastos manejados muito baixos (alta intensidade de desfolhação ou sobrepastejo) apresentam menor produção de forragem em função do seu baixo índice de área foliar, que limita a interceptação de luz, premissa básica para a ocorrência de fotossíntese e para o adequado crescimento do pasto. De outro modo, em pastos muito altos (baixa intensidade de desfolhação ou subpastejo), o problema vigente é a alta taxa de senescência foliar, devido ao intenso sombreamento no interior do dossel. Todavia, nos pastos com alturas intermediárias (intensidade de desfolhação moderada ou pastejo adequado), o acúmulo de forragem, entendida como a diferença entre o crescimento e a senescência do pasto, é praticamente constante e próximo do máximo (PINTO, 2000; SBRISSIA, 2004). Com base nessa constatação, atualmente valores de alturas médias dos pastos têm sido recomendados para o adequado manejo de gramíneas tropicais manejadas em lotação contínua (Tabela 3), otimizando o uso do pasto.

Tabela 3 - Alturas médias recomendadas para o manejo de pastos tropicais sob lotação contínua

Gramínea	Alturas do pasto (cm)	Referência
Capim-marandu	20 a 40	Sbrissia (2004)
Gênero <i>Cynodon</i>	10 a 20	Pinto (2000)
Capim-braquiariinha	20 a 30	Faria (2009)
Capim-xaraés	30 a 45	Pequeno (2010)
Capim-tanzânia	40 a 60	Canto et al. (2008)

Fonte: Nascimento Jr et al. (2010).

Ressalta-se que, para gramíneas forrageiras tropicais, a condição de pastejo adequado não corresponde a um único valor pontual, mas a uma **faixa ou amplitude** de valores de algumas características dos pastos, tal como altura, massa de forragem e índice de área foliar. Esta faixa ou amplitude de manejo é devido à plasticidade fenotípica da planta, ou seja, mudança progressiva e reversível de suas características morfológicas e estruturais quando a planta é exposta a diferentes cenários de manejo e condições climáticas. Em outras palavras, a planta forrageira pode ser manejada com certa flexibilidade de uso, sem sair da condição

de pastejo adequado. Por exemplo, o capim-marandu pode ser manejado em lotação contínua com alturas médias variando de 20 a 40 cm, sem prejudicar a perenidade e o crescimento da planta. Em termos de produção animal, obtém-se maior desempenho individual em pastos mais altos e maximização da produção por área quando se trabalha com os pastos de capim-marandu com 30 cm de altura.

Quando se adota baixo nível tecnológico, ou seja, não se utiliza ou se utiliza baixo nível de fertilizantes deve-se adotar menores eficiências de pastejo, ou seja, devem-se manejar os pastos mais altos, garantindo-se maior reciclagem de nutrientes pela planta e reduzindo a exportação de nutrientes da pastagem via produto animal. No entanto, em níveis médios e altos de utilização de fertilizantes, situação na qual a planta é menos “dependente” da reciclagem de nutriente, pode-se trabalhar com menores alturas de pastejo e conseqüentemente, aumentar a eficiência de pastejo e exportação de produto animal.

Assim, segundo Carnevalli (2003), a necessidade de intensificar o uso de pastagens direciona, obrigatoriamente, os pesquisadores a dar nova ênfase e enfoque aos estudos com plantas forrageiras tropicais, assumindo um caráter sistêmico e multidisciplinar característico desse tipo de atividade. Na realidade, a única maneira de entender o problema e planejar soluções adequadas é a partir do conhecimento e compreensão das respostas tanto das plantas como de animais ao pastejo, condição básica e ponto de partida para o planejamento e condução de práticas eficientes e eficazes de manejo e de produção animal em pastagens.

### **Deslocamento dos animais em pastagens, alocação de bebedouro e cochos na pastagem**

Segundo Bailey (2005), os animais preferem declividades suaves e evitam longos deslocamentos horizontais ou verticais em direção à água. Distâncias da água superiores a 3,2 km e inclinações superiores a 60% determinariam áreas virtualmente inacessíveis. Dentre os fatores bióticos de destaque estão a qualidade e a quantidade da forragem disponível, que influenciam a distribuição espacial dos animais e seu desempenho. Os animais são atraídos por áreas com elevada concentração de nutrientes, e as memorizam para utilizá-las mais frequentemente

(LAUNCHBAUGH & HOWERY, 2005). No entanto, as maiores intensidades de pastejo apresentam áreas com elevados níveis de resistência à penetração.

No momento do planejamento da subdivisão da pastagem, a alocação de bebedouros ou aguadas naturais e a declividade da área deverão ser considerados, evitando que dentro da mesma pastagem existam áreas pouco e muito pastejadas, comprometendo a uniformidade do pastejo e, conseqüentemente, reduzindo a eficiência de pastejo. Mesmo com a dificuldade da implantação de bebedouros artificiais, em função do custo para levar água até o bebedouro, sempre que possível colocar o bebedouro centralizado nas invernadas, reduzindo a distância percorrida pelos animais e evitando o caminhamento no sentido do declive, reduzindo a formação de trilheiros pelos animais e aumentando a eficiência de pastejo. Além disto, acrescenta-se a conservação das margens e dos cursos naturais de água, bem como a manutenção da garantia de qualidade da água de consumo.

Costa e Cromberg (1997) afirmaram que, mesmo em pastos intensivamente manejados, não há uma distribuição uniforme dos animais. Mesmo assim, a utilização da forragem ao final do período de ocupação é em geral uniforme. Segundo os autores, isto pode ser explicado pelos padrões temporais de pastejo, descritos como ondas de desfolhação, ou seja, os animais começam a pastar perto da água e progressivamente vão afastando-se dela; a partir da escassez de forragem, a distância aumenta (WALKER *et al.* 1989).

A seletividade por áreas perto da água não é removida pelo aumento na densidade de animais, é apenas mascarada pela velocidade com que a onda de desfolhação avança (IRVING *et al.*, 1995). Em outras palavras, a redução no tamanho do pasto, diminuindo as distâncias até a água, pode melhorar a distribuição do pastejo (HART *et al.*, 1993). Assim, a localização da fonte de água na pastagem define o grau de utilização da forragem. De acordo com Gillen *et al.* (1984), o gado preferiu se alimentar em áreas até 200 m da água e evitou áreas a mais de 600 m.

Corroborando com esses resultados, Irving *et al.* (1995) mostraram que os bovinos só passaram a utilizar a forragem a mais de 1,6 Km da água quando 40 a 50% da forragem mais próxima havia sido consumida, é provável que isso ocorra pela frequência com que os animais utilizam esse recurso.

Outro aspecto que podemos levar em conta na determinação dos padrões de distribuição dos animais, é o cocho utilizado para a oferta de suplementos alimentares. Dependendo do tipo de suplemento e das necessidades nutricionais dos animais, tal recurso terá maior ou menor peso na definição do uso do espaço. As relações de dominância e liderança, bem como a reatividade dos animais em relação ao homem podem também definir os padrões de utilização desse recurso.

Cassini e Hermine (1992) estudaram a localização espacial dos cochos para suplementação do gado, ou seja, eles testaram a alocação de cochos de suplementos onde o gado passa a maior parte do tempo, ou seja, perto dos bebedouros e em áreas sombreadas, com a expectativa de que isto otimizaria a probabilidade dos animais encontrarem o suplemento. Entretanto, os autores verificaram que o consumo esteve diretamente relacionado com a atividade do gado, ou seja, houve taxas mais altas de consumo nas áreas de pastejo, apesar dos animais passarem menor tempo nelas.

### **Considerações finais**

A utilização de práticas adequadas de manejo da pastagem pode otimizar a eficiência de uso do pasto e promover incrementos significativos em produção e produtividade animal, assegurando, assim, competitividade e longevidade aos sistemas de produção animal baseados na exploração de pastagens.

### **Referências bibliográficas**

ANUALPEC 2012: **Anuário estatístico da pecuária de corte**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2012. 378 p.

BAILEY, D.W. Identification and creation of optimum habitat conditions for livestock. **Rangeland Ecology and Management**, v.58, p.109-118, 2005.

BARIONI, L.G.; MARTHA JUNIOR, G.B.; RAMOS, A.Q. *et al.* Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20. Piracicaba, 2003. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 2003. p. 105-154.

CARARETO, R. Uso de uréia de liberação lenta para vacas alimentadas com silagem de milho ou pastagens de capim elefante manejadas com intervalos fixos ou variáveis de desfolhas. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.

CARNEVALLI, R.A.; SILVA, S.C. da; BUENO, A.A. de O.; UEBELE, M.C.; HODGSON, J.; SILVA, G.N.; MORAIS, J.P.G. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v.40, p.165-176, 2006.

CARNEVALLI, R.A. Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-Mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003. 136p. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003. Orientador: Prof. Sila Carneiro da Silva.

CARVALHO, P.C.F.; PRACHE, S.; DAMASCENO, J.C. O processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 36., 1999, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: SBZ, 1999. v.2. p.253-268.

CARVALHO, P. C. D. F.; MORAES, A. D.; ANGHINONI, I. et al. Manejo do pastejo em sistema de integração lavoura-pecuária. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO CERRADO**, 1., 2012. Anais... Uberlândia: FAMEV: UFU, 2012, p.29-45.

CASSINI, M.H. AND HERMINE, G.(1992). Patterns of environmental use by cattle and consumption of supplemental food blocks. **Applied Animal Behaviour Science**, 32: 297-312.

COSTA, M.J.R.P.; CROMBERG, V.U. (1997) Alguns aspectos a serem considerados para melhorar o bem-estar de animais em sistemas de pastejo rotacionado. In: Peixoto, A. M.; Moura, J.C. e Faria, V.P. (ed.). **Fundamentos do pastejo rotacionado**. FEALQ: Piracicaba, p. 273-296.

DA SILVA, S.C. Understanding the dynamics of herbage accumulation in tropical grass species: the basis for planning efficient grazing management practices. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 2., 2004, Curitiba. Proceedings... Curitiba: 2004. CD-ROM.

DA SILVA, C.S. A interceptação luminosa como ferramenta melhoradora da qualidade de pastos tropicais. In: VIII SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 8., 2011, LAVRAS. ANAIS... Lavras, 2011.

DA SILVA, S.C.; CORSI, M. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 20., 2003. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003, p.155-186.

DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006. p.1-41.

DA SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 3., Jaboticabal, 1997. **Anais.** Jaboticabal: FUNEP, 1997. p. 1-62.

DIFANTE, G. S.; NASCIMENTO JR. D.; EUCLIDES V. P. B.; DA SILVA S. C.; RODRIGO AMORIM BARBOSA R. A.; GONÇALVES W. V. **Sward structure and nutritive value of tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements.** R. Bras. Zootec., v.38, n.1, p.9-19, 2009

DIFANTE G. S.; EUCLIDES V. P. B.; NASCIMENTO JR. D.; DA SILVA S. C.; TORRES JR. R. A. A.; SARMENTO D. O. L. **Ingestive behaviour, herbage intake and grazing efficiency of beef cattle steers on Tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements** R. Bras. Zootec., v.38, n.6, p.1001-1008, 2009

GARDNER, A.L., ALVIM, M.J. Manejo de pastagem. Coronel Pacheco, MG. EMBRAPA-CNPGL, 1985. 54p. (EMBRAPA-CNPGL, Documentos, 19).

GILLEN, R.L.; KRUEGER, W.C. AND MILLER, R.F. (1984). Cattle distribution on mountain rangeland in north-eastern Oregon *Journal of Range Management*, 37: 549 - 553.

HART, R.H.; BISSIO, J.; SAMUEL, M.J. AND WAGGONER JR., J.W. (1993). Grazing systems, pasture size, and cattle grazing behaviour, distribution and gains. **Journal of Range Management**, 4: 681 - 687.

HODGSON, J.; DA SILVA, S.C. Options in tropical pasture management. In: A.M.V. Batista, S.B.P. Barbosa, M.V.F. Santos & L.M.C. Ferreira (eds.). Anais da 39ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia; Simpósio Internacional de Forragicultura, Recife: SBZ, p. 180-202, 2002.

HODGSON, J. 1990. Herbage production and utilization. In: Grazing management – science into practice. New York: John Wiley & Sons. P. 38-54.

IRVING, B.D.; RUTLEDGE, P.L.; BAILEY, A.W.; ANNE NAETH, M. AND CHANASYK, D.S. (1995). Grass utilisation and grazing distribution within intensively managed fields in Central Alberta. **Journal of Range Management**, 48 (4): 358 - 361.

LAUNCHBAUGH, K.L.; HOWERY, L.D. Understanding landscape use patterns of livestock as a consequence of foraging behavior. **Range. Ecol. Manage.** 58:99–108. 2005.

NASCIMENTO JÚNIOR, D. SANTOS, M.E.R.; SILVERIA, M.C.T. et al. Pesquisa com forrageiras de clima tropical: uma abordagem histórica. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 5., 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2010. p.1-40.

PARSONS, A.J., JOHNSON, I.R., HARVEY, A. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, v.43, n.1, p.49-59, 1988.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, S.C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.281-287, 2007.

PINTO, L.F.M. Dinâmica do acúmulo de matéria seca em pastagens de *Cynodon* spp. Dissertação (Mestrado) Piracicaba, Escola Superior

de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2000, 124p. Orientador: Sila Carneiro da Silva.

RODRIGUES, L. R. de A.; REIS, R. A. Conceituação e modalidades de sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de. Fundamentos do Pastejo Rotacionado. Piracicaba: FEALQ, 1999. 327p.

SBRISSIA, A.F. Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 171p., 2004.

SOUZA JR., S.J. Estrutura do dossel, interceptação de luz e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo por bovinos de corte. 2007. 122 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

TRINDADE, J.K.; DA SILVA, S.C.; SOUZA JR., S.J. et al. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.883-890, 2007.

UEBELE, M.C. Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim Mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente. 2002. 83p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

VOLTOLINI, T.V. Adequação protéica em rações com pastagens ou com cana-de-açúcar e efeito de diferentes intervalos entre desfolhas da pastagem de capim elefante sobre o desempenho lactacional de vacas leiteiras. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006. 167p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

WALKER, J.W.; HEITSCHMIDT, R.K. AND DOWHOWER, S.L. (1989). Some effects of a rotational grazing treatment on cattle preference for plant communities. **Journal of Range Management**. 42(2): 143 - 148.



# RECOMENDAÇÕES PARA A COLHEITA DO CAFÉ

*Felipe Santinato<sup>1</sup>*

*Tiago de Oliveira Tavares<sup>2</sup>*

*Roberto Santinato<sup>3</sup>*

*Alino Pereira Duarte<sup>4</sup>*

*Rouverson Pereira da Silva<sup>5</sup>*

*Renato Adriane Alves Ruas<sup>6</sup>*

## **Introdução:**

O objetivo deste capítulo é fornecer informações sobre como proceder a colheita do café de forma eficiente e economicamente viável. Também, expor ao público, dados recentes de experimentos relacionados à colheita mecanizada do café, de planta e de chão.

A colheita manual do café é um processo com baixo rendimento operacional e extremamente variável. Pode apresentar dificuldades adicionais dependendo das condições das lavouras, além de ser muito onerosa. Para substituí-la, surgiu no final dos anos 1970, a colheita mecanizada do café de planta, através da criação da colhedora Jacto K3. Com o passar dos anos, outros modelos de colhedora foram lançados no mercado. No entanto, o princípio de funcionamento de todas é o mesmo.

Trata-se de uma máquina, autopropelida ou não, que opera à cavaleiro, sobre a linha de café. A colhedora envolve completamente as plantas, e ao redor delas existe um conjunto de lâminas retráteis, que se abrem ligeiramente, conforme o deslocamento se procede. É dotada de dois cilindros verticais, munidos de hastes vibratórias (órgãos derriçadores), que derriçam o café através do impacto direto nos frutos ou pelo movimento intenso que promovem nos ramos, desprendendo-os.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia, Doutorando UNESP Jaboticabal.

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Mestrando UNESP Jaboticabal.

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Pesquisador/Consultor MAPA/Procafé e Santinato & Santinato Cafés Ltda.

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Fazenda Dona Neném.

<sup>5</sup> Eng. Agrícola, Prof. Dr., UNESP Jaboticabal.

<sup>6</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Dr., UFV Rio Paranaíba.

Os frutos, e também uma grande quantidade de material vegetal, caem no interior da colhedora, em esteiras que os carregam para a sua parte posterior. Nesse local, apenas os frutos caem em dois ralos que os conduzem aos elevadores que os transportam até o sistema de limpeza da colhedora. Lá, parte das folhas e de outras impurezas que permanecem juntamente com os frutos são sopradas para fora.

Finalmente, o café colhido é despejado a granel, através de um duto, em uma carreta que se desloca em linha paralela à trajetória da colhedora. O destino do café também pode ser para o interior de um reservatório acoplado à própria colhedora. Desse modo, pode-se dispensar temporariamente o trator e a carreta que percorre a linha paralela, reduzindo o custo da operação. Estrategicamente, esse trator/carreta pode atender duas ou três colhedoras que estejam colhendo em áreas próximas, sendo utilizados somente para “aliviar” os reservatórios e transportar a carga até o lavador ou terreiro. Nesse caso, a carreta deve ter volume superior ao padrão ( $5 \text{ m}^3$ ), para atender a demanda.

Atualmente, a colheita mecanizada do café é amplamente utilizada nas lavouras cafeeiras, sendo limitada somente por declividades muito acentuadas. Mesmo assim, o avanço das indústrias têm lançado modelos capazes de colher em declividades de até 30%. Nesse caso, há a necessidade de adequação das lavouras, limitando seu porte e fazendo alterações nas dimensões dos carregadores e disposição das linhas de café.

Outro entrave é o custo de aquisição da colhedora, que por vezes não é compensatório. No entanto, o mercado de terceirização de colheita oferece colhedoras de vários modelos, podendo ainda serem adaptadas para situações específicas, a custo acessível, viabilizando a prática para propriedades de dimensões menores.

## **Início da colheita**

Para uma correta orientação sobre a colheita é necessário conhecer quando, aonde e por quanto tempo os frutos estão aptos para serem colhidos. É importante salientar que as épocas de ocorrência dos estádios fenológicos do cafeeiro são diferentes, devido a características da cultivar e ao clima da região produtora.

Geralmente, a floração do cafeeiro ocorre no mês de setembro, decorrente da quebra da dormência das gemas, em detrimento de um for-

necimento hídrico abrupto associado ou não à variação da temperatura. Após a floração, surgem os frutos que permaneceram nos ramos durante 220 a 250 dias até chegarem ao “ponto de colheita” ou “ponto de maturação ideal”. Esse período geralmente ocorre entre maio e agosto.

Os frutos do café amadurecem do estágio verde para o cereja, passa e seco, respectivamente. O ideal é que a colheita obtenha a maior quantidade possível de frutos no estágio cereja, pois estes apresentam maior qualidade. Os frutos verdes são indesejáveis. Os frutos nos estágios passa e seco são aceitos na colheita, mas se desprendem mais facilmente dos ramos, por isso devem ser manejados com maior atenção. Ventos fortes, precipitação antecipada durante a colheita, contato físico manual ou mecânico fazem com que os frutos caiam facilmente. Esses frutos também são mais facilmente perdidos para o chão durante o processo de colheita mecanizada, sendo arremeados para fora da colhedora. Outro ponto é que quando se permite que os frutos permaneçam por muito tempo nos ramos, estes exaurem os nutrientes da planta, elevando a desfolha, enfraquecendo-a e reduzindo a produtividade na safra seguinte.

Os frutos ocorrem somente uma vez em cada nó, de forma que a produtividade é extremamente dependente do crescimento dos ramos plagiotrópicos (laterais) e do ortotrópico (vertical), que origina outros plagiotrópicos. Dessa forma, no terço superior das plantas, os frutos encontram-se mais próximos do tronco e nos terços médio e inferiores, nas extremidades dos ramos. No terço superior, ao contrário dos demais terços, os frutos não são sombreados por outras plantas, e os ramos, por serem mais novos, apresentam poucas folhas, expondo os frutos com maior intensidade à luz solar. Isto acelera o amadurecimento dos frutos nesse terço, elevando a variabilidade da maturação dos frutos e permitindo que eles se desprendam precipitadamente dos ramos, aumentando a quantidade de café caído naturalmente.

Outro ponto que contribui para a elevada variabilidade dos estágios de maturação é a fase de exposição ao solo que as plantas apresentam em decorrência do seu direcionamento de plantio.

Trabalhos pioneiros de Santinato *et al.* (1999 a 2013) orientam o correto direcionamento de plantio para diferentes regiões cafeeiras. Os trabalhos consistiram no plantio de linhas de café variando em 30° ao longo dos 360°. Em cada linha avaliou-se a maturação dos frutos,

produtividade, teores nutricionais nas folhas e incidência de pragas e doenças. Com base nesses trabalhos, sabe-se que o lado que recebe o “sol da tarde” apresenta maturação mais acelerada, maior produtividade, maior incidência de bicho mineiro, cercosporiose e escaldadura. Em um trabalho de Cassia *et al.* (2013) verificou-se a diferença entre as quantidades de café caído e de eficiência de colheita, entre as colheitas mecanizadas procedidas em quatro eixos (linhas de café) orientados em sentidos opostos em uma lavoura disposta em pivô central.

O ideal é que o início da colheita seja quando as plantas apresentarem até 15% de frutos no estágio verde. Mas devido à elevada variabilidade dos estádios de maturação, na lavoura e na própria planta (entre terços e faces), quando chega-se a esse nível de frutos verdes, grande parte da carga já se perdeu precocemente. O ideal é realizar avaliações separando os terços das plantas, levando em consideração principalmente o terço superior, com o intuito de minimizar a perda natural de café.

Alguns estudos estão sendo realizados em lavouras de diferentes regiões cafeeiras, mensurando-se periodicamente a quantidade de frutos que caem naturalmente ao longo do tempo. Aliado a esta informação, tem-se a avaliação, detalhada nos três terços dos estádios de maturação dos frutos. Combinado as informações, será possível nortear o momento ideal de início da colheita, em cada região, minimizando as perdas iniciais.

O início da colheita vai depender do tipo de colheita que será realizada, podendo ser colheita plena (uma operação) ou com mais de uma operação da colhedora. Na colheita plena, o ideal é iniciar quando a planta apresentar o mínimo possível de frutos verdes, mesmo que para isso a carga fique em grande parte seca. No caso da colheita com mais de uma operação, pode-se antecipar a colheita, evitando as perdas iniciais.

A recomendação deve levar em consideração as informações acima abordadas, mas o engenheiro agrônomo responsável também deve saber lidar com fatores que vão além da biologia das plantas. O momento ideal de início da colheita está amplamente atrelado à disponibilidade de maquinário da fazenda, estrutura (lavador, terreiro, beneficiamento, armazenamento), recurso, área plantada e número de talhões com diferença de pontos de colheita. Portanto, a recomendação será extremamente variável.

## Regulagem da colhedora

Têm-se no mercado vários modelos de colhedoras, mas as possibilidades de regulagem são bem semelhantes. Geralmente, costuma-se alterar a vibração das hastes vibratórias de 550 a 1.000 rpm; a velocidade operacional, de 650 a 1.800 m h<sup>-1</sup>, e a regulagem do freio, de 6,0 a 8,0 kg.

Quanto maiores a vibração e a regulagem do freio, maior será a intensidade de impacto das hastes na planta. Quanto menor a velocidade operacional, maior será o tempo de exposição das hastes na planta. Dessa forma, a energia empregada na colheita será maior, podendo elevar a eficiência de derriça e consequentemente aumentar os danos às plantas. No entanto, nem sempre há necessidade de se utilizarem as regulagens mais “fortes”, pois dependendo da situação, a colheita não demanda tanta energia para liberar a carga. Outro ponto é a possibilidade de se utilizarem velocidades operacionais maiores, aumentando o rendimento da operação.

Para definição das regulagens deve-se levar em conta a carga de café nas plantas, o estágio de maturação dos frutos e o tipo de colheita que se irá proceder (plena ou com mais de uma operação). Com relação a carga, nota-se que em carga baixa o incremento na frequência de vibração das hastes (passando de 750 para 950 rpm) não resultou em aumento na eficiência de colheita, apenas elevou a quantidade de danos às plantas (Tabela 1). Já na carga alta, a utilização de 950 rpm elevou em 10% a eficiência de colheita, reduzindo a quantidade de café remanescente nas plantas.

Tabela 1. Produtividade, quantidades e porcentagens de café colhido, caído e remanescente, utilizando duas vibrações das hastes, nas safras de 2010 e 2011. Fazenda São João Grande, Patos de Minas, MG.

Vibração (rpm)	Prod.	Colhido	Colhido(%)	Caído	Caído (%)	Rem.	Rem. (%)
<b>1ª Safra (Baixa)</b>							
750	38,0	28,0	74,0 a	4,3	11,0a	6,0	16,0a
950	33,0	26,0	79,0 a	4,3	13,0a	3,5	10,0a
<b>2ª Safra (Alta)</b>							
750	62,0	42,0	68,0 b	4,8	8,0 a	13,0	21,0b
950	69,0	54,0	78,0 a	4,0	5,8 a	9,0	13,0a

Fonte: Santinato *et al.* (2014)

Em um trabalho de Oliveira *et al.* (2007), tem-se que conforme se eleva a velocidade operacional há decréscimo na eficiência de colheita. Isto se agrava em lavouras de carga mais elevada, pois não há tempo suficiente para que o café derriçado seja recolhido pelas esteiras da colhedora. Na realidade, em cargas muito altas, como as encontradas nas safras altas de lavouras irrigadas no cerrado (90 sacas de café ben. ha<sup>-1</sup> ou mais), as colhedoras são capazes derriçar grande quantidade de café (utilizando vibrações acima de 950 rpm e velocidades abaixo de 1.000 m h<sup>-1</sup>). No entanto, não conseguem recolhê-lo, pois sua capacidade de recolhimento é limitada, ocasionando em maiores quantidades de café caído. Isto sem falar nos danos às plantas que são muito maiores. Em casos como este, a utilização de mais de uma operação mecanizada é o mais recomendado.

Um experimento realizado pela equipe do Prof. Fabio Moreira da Silva da UFPA, em 2010, revelou a demanda de energia para desprender os frutos dos ramos em cada estágio de maturação. Os valores são entorno de 7,0 N para desprender os frutos cereja, e de 12,0 N para os verdes.

Nesse outro experimento, temos que a eficiência de colheita foi 16% superior em uma lavoura com 30,91% de frutos secos e 20,88% de frutos verdes, em relação a uma lavoura com 18,56 e 30,12% de frutos secos e verdes, respectivamente (Tabela 2). Nesse caso, onde testou-se a mesma colhedora utilizando duas combinações de regulagem (600 rpm e 1.200 m h<sup>-1</sup> e 850 rpm e 1.000 m h<sup>-1</sup>) não verificou-se diferença em nenhuma variável estudada (café caído, remanescente e colhido). Para esta condição específica, pois trata-se de lavoura de primeira safra, a regulagem mais “fraca” foi a mais indicada, pois agride menos a planta.

**Tabela 2.** Eficiência de colheita e estádios de maturação dos frutos de duas lavouras de primeira safra, colhidas com apenas uma passada por uma TDI Mini adaptada Nivalmag, Fazenda Serra Norte, Buritizeiro, MG, 2014.

Porcentagem de frutos (%)	Lavoura A	Lavoura B
Verde	30,12	20,88
Cereja	22,79	23,08
Passa	28,49	25,13
Seco	18,56	30,91
Carga de café (sac. ben. ha <sup>-1</sup> )	46,59	50,37
Eficiência de colheita (%)	77,74	92,87

Fonte: Adaptado de Santinato *et al.*, (2014).

## Tomada de decisão quanto ao sistema de colheita:

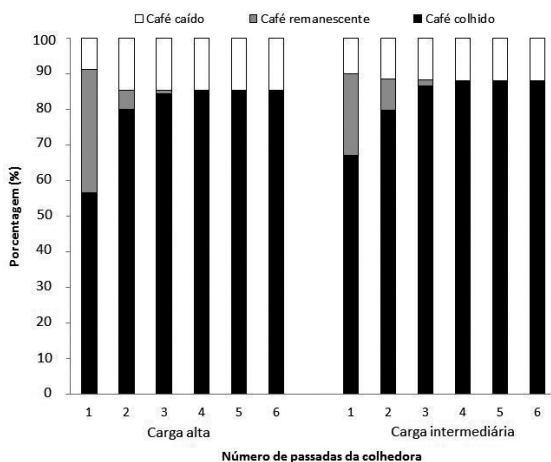
Após o estudo desses trabalhos, é possível notar a dificuldade de se obter, utilizando apenas uma passada da colhedora, eficiência de colheita desejada, aliada a um desempenho operacional satisfatório e com danos às plantas aceitáveis. A colheita plena deve ser realizada em lavouras com carga baixa (menor que 30 sacas) e que apresentem uniformidade de maturação dos frutos. Mesmo apresentando uma carga baixa, se nas plantas tiverem grande variabilidade nos estádios de maturação, irá ocorrer a colheita de grande porcentagem de frutos verdes.

Para evitar a necessidade de repasse manual, a colheita plena deve utilizar velocidades operacionais menores e vibrações elevadas. Isto eleva os danos às plantas e, em caso de lavouras com elevada porcentagem de frutos secos, aumenta a quantidade de café caído.

Como alternativa tem-se a colheita com mais de uma operação da colhedora. Essa colheita é indicada em lavouras que apresentem carga intermediária ou alta e em lavouras com alta variabilidade dos estádios de maturação. Pensando em trabalhar com duas operações, pode-se, em uma primeira passada, regular a colhedora com velocidades operacionais maiores e vibrações menores, visando a derriça dos frutos secos e cerejas. Esse processo pode ser realizado antecipadamente, evitando que os frutos caiam naturalmente. Após certo tempo, dependendo da região, com o amadurecimento dos frutos, pode-se regular a colhedora de acordo com a carga remanescente, visando eliminar a necessidade de repasse manual.

No trabalho a seguir, tem-se a colheita mecanizada utilizando até seis operações da colhedora, em lavoura com 121,54 e 50,78 sacas de café ben. ha<sup>-1</sup> (Figura 1). É notável o aumento da eficiência de colheita (% de café colhido) promovido pelo aumento do número de passadas, estabilizando em três ou quatro. Na lavoura de carga alta, a eficiência aumentou de 56,64 para 83,09% quando utilizou-se três passadas da colhedora. Na lavoura de carga intermediária, duas passadas foram suficientes para elevar a eficiência de 67,2 para 85,7%, sem acréscimo significativo para três passadas. No entanto, nesse último caso, a terceira passada colheu 3,32 sacas de café a mais, o que em algumas situações valida sua realização.

Outro fato interessante desse experimento é que a quantidade de café caído se eleva de uma para duas passadas da colhedora na lavoura de carga alta e não apresenta diferença na lavoura de carga intermediária. Este fato pode orientar a antecipação do momento ideal de entrada da recolhadora de café, não tendo que esperar a finalização da colheita da planta. Na lavoura de carga alta, pode-se fazer após a segunda e antes da terceira passada; na lavoura de carga intermediária, pode-se realizá-la após a primeira e antes da segunda. Essa antecipação pode minimizar as perdas de qualidade decorrentes das fermentações ocorridas no café de varrição, “salvando” o preço desse tipo de café.



**Figura 1.** Porcentagem de café caído, remanescente e colhido em lavoura de carga alta e intermediária, utilizando até seis operações da colhedora, em lavouras de Patos de Minas, MG. Fonte: Santinato *et al.* (2014).

Apesar de mais eficiente, para ser viabilizada, a colheita mecanizada com mais de uma operação deve ser econômica, pois este é o fator preponderante na agricultura. A seguir estão as composições dos custos que envolveram os tipos de colheita estudados, sendo a opção A (colhedora própria) e opção B (colhedora alugada) (Figuras 2 e 3). Na lavoura de carga alta, todos os tipos de colheita foram menos onerosos que a colheita manual, chegando a uma economia de 57,36 e 51,47% para as colheitas com duas operações nas opções de compra da colhedora e de aluguel, respectivamente.

As colheitas com duas e três passadas foram mais econômicas que a colheita plena. Até mesmo a colheita com quatro passadas apresentou menor custo, no entanto, esse tipo de colheita é inviável nas lavouras cafeeiras do Brasil, pela disponibilidade de maquinário que apresentam. A colheita plena foi mais onerosa devido à grande quantidade de café remanescente após a primeira passada da colhedora, ocasionando em maior repasse manual.

A opção de aluguel da colhedora foi 12,15 e 16,74% mais onerosa que a opção de colhedora própria para as colheitas com duas e três passadas. Com uma passada, a diferença foi insignificante pelo teste estatístico.



**Figura 2.** Composição dos custos das colheitas com uma a seis operações da colhedora e colheita manual, em lavoura de carga de 121,54 sacas de café ben. ha<sup>-1</sup>, Fazenda Dona Neném, Patos de Minas, MG, 2013. Fonte: Adaptado de Santinato *et al.* (2014).

Na lavoura de carga intermediária, a colheita manual foi até 50% mais onerosa que a colheita mecanizada plena, e 48,55% que a colheita com duas passadas. Nesse caso a colheita plena não diferiu das colheitas com duas e três passadas, quando utilizou-se colhedora própria. No caso da colhedora alugada, a colheita plena apresentou custo equivalente a colheita com duas passadas, sendo a colheita com três operações, mais onerosa. Isto ocorreu devido a menor quantidade de café remanescente após a primeira passada.



**Figura 3.** Composição dos custos das colheitas com uma a seis operações da colhedora e colheita manual, em lavoura de intermediária de 50,78 sacas de café ben. ha<sup>-1</sup>, Fazenda São João Grande, Patos de Minas, MG, 2013. Fonte: Adaptado de Santinato *et al.* (2014).

Nota-se que os custos das colheitas de carga alta e intermediária foram muito diferentes. Isto porque o custo da colheita manual é baseado no preço pago por medida de café colhido, e a lavoura de carga alta apresentou 70,76 sacas de café a mais. As colheitas mecanizadas também foram mais caras na lavoura de carga alta devido ao repasse manual e principalmente pela varrição manual (processo muito oneroso), ambos decorrentes das maiores quantidades de café dessa lavoura.

Como recomendação, fica que para cada talhão da fazenda deve-se fazer uma análise da produtividade e da maturação dos frutos e, com base nelas, define-se o sistema de colheita ideal. Depois, faz-se uma análise de todos os talhões e verifica-se a viabilidade operacional (disponibilidade de maquinário e de mão-de-obra) de se realizarem os sistemas de colheita escolhidos. Após isso, faz-se a estimativa do custo e criam-se opções para a realização da colheita como um todo, como por exemplo: alugar uma colhedora, contratar funcionários temporários, comprar maquinário.

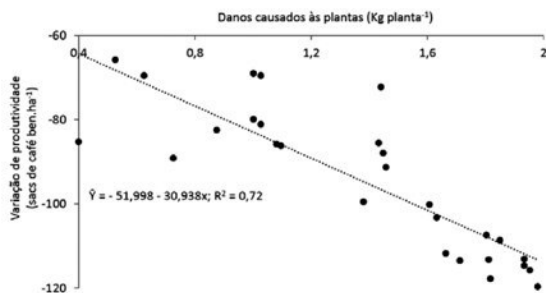
### Danos às plantas:

O processo de colheita, manual ou mecanizado, acarreta danos às plantas, sendo eles: desfolha, queda de botões florais, descortiaamento do tronco, quebra de ramos e etc. As recomendações de colheita

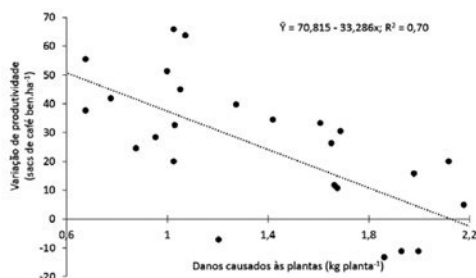
devem frizar a eficiência máxima, minimizando o repasse manual, mas também não podem promover danos tão excessivos, pois esses irão refletir na produtividade da safra seguinte.

Como se sabe, o cafeeiro apresenta bienalidade de sua produção, ou seja, após uma produtividade alta, haverá uma produtividade baixa e vice e versa. Isto ocorre por três motivos: 1) Há competição de metabólitos na planta, ou seja, a planta destina suas reservas para a produção de frutos ou para o crescimento vegetativo; 2) A produção se dá somente em nós novos, oriundos do crescimento do ano anterior. Se a planta não apresentou crescimento vegetativo satisfatório não apresentará produção alta na safra seguinte; 3) Após uma alta produtividade, a planta naturalmente fica mais desfolhada, contribuindo para a redução da capacidade produtiva da safra seguinte.

A seguir, tem-se a contribuição dos danos às plantas na variação da produtividade, de uma safra para outra, em duas lavouras, uma com carga alta em 2013 e baixa em 2014, e vice e versa (Figuras 4 e 5). Nas duas situações, conforme elevou-se os danos às plantas, houve redução na produtividade da safra seguinte. Segundo o coeficiente angular da reta, para a situação A, a cada 32,32 g planta<sup>-1</sup> de danos às plantas houve a redução de 1,0 saca de café. Na situação B, a relação foi de 30,04 g planta<sup>-1</sup> de danos às plantas para reduzir 1,0 saca de café. Essa proximidade entre os valores revela que independentemente da bienalidade do cafeeiro, os danos às plantas reduzem a produtividade de forma similar.



**Figura 4.** Correlação entre danos causados às plantas, proporcionados por diferentes tipos de colheita e a variação de produtividade entre as safras 2013 e 2014, na lavoura de carga inicial alta. Patos de Minas, MG. Fonte: Santinato *et al.* (2014)



**Figura 5.** Correlação entre danos causados às plantas, proporcionados por diferentes tipos de colheita, e a variação de produtividade entre as safras 2013 e 2014, em lavoura de carga inicial intermediária. Patos de Minas, MG. Fonte: Santinato *et al.* (2014).

Normalmente, os danos às plantas decorrentes da desfolha manual são de 0,753 kg planta<sup>-1</sup>, e os da colheita mecanizada irão depender do tipo de colheita, tipo da colhedora e da regulagem utilizada. A tabela 3 nos dá vários exemplos de danos às plantas decorrentes da colheita mecanizada. Nota-se que nas duas situações de colheita (carga alta e intermediária), a colheita mecanizada com uma passada danificou menos que a colheita manual. A colheita manual obteve danos às plantas similares à colheita com duas passadas da colhedora. Três passadas da colhedora danificaram cerca de 30% a mais que a colheita manual.

**Tabela 3.** Danos causados às plantas decorrentes das colheitas mecanizadas com uma a seis operações da colhedora e colheita manual, em duas lavouras de café. Patos de Minas, MG (2013). Fonte: Adaptado de Santinato *et al.*, (2014)

Número de operações da colhedora	Produtividade (sacos de café ben. ha <sup>-1</sup> )	
	121,54	50,78
	Danos causados às plantas	
	(kg planta <sup>-1</sup> )	
1	0,57 Aa	0,68 Aa
2	1,15 Ab	1,02 Ab
3	1,43 Ac	1,37 Ac
4	1,65 Ad	1,67 Ad
5	1,82 Ade	1,94 Ae
6	1,94 Ae	2,16 Ae
Colheita manual	0,98 Ab	0,98 Ab
CV (%)	7,37	6,42

\*Médias seguidas por mesmas letras minúsculas, comparadas nas colunas, não difere.

ferem entre si, pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas, comparadas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste t à 5% de probabilidade.

O parâmetro danos às plantas é um indicativo de qual sistema de colheita está prejudicando a vegetação das plantas. Mas somente com a avaliação da safra seguinte é que podemos quantificar o impacto da colheita nas plantas. A seguir tem-se a produtividade das lavouras após serem submetidas a diferentes tipos de colheita (Tabela 4).

**Tabela 4.** Produtividade da 2ª safra e variação de produtividade em relação a 1ª safra, decorrentes das colheitas mecanizadas com uma a seis operações da colhedora e colheita manual realizadas na 1ª safra, em duas lavouras de café, Patos de Minas, MG, 2014. Fonte: Adaptado de Santinato *et al.*, (2014).

Número de operações da colhedora	Sacas de café ben ha <sup>-1</sup>			
	121,54		50,78	
	Produtividade 2ª safra	Variação de produtividade %	Produtividade 2ª safra	Variação de produtividade %
1	44,14 Aa	- 63,68	95,62 Ba	+ 88,3
2	43,27 Aa	- 64,39	93,21 Ba	+ 83,56
3	33,91 Ab	- 74,91	75,95 Bb	+ 49,58
4	14,42 Ac	- 88,13	70,56 Bb	+ 38,96
5	9,78 Ac	- 91,95	45,83 Bc	- 9,75
6	5,77 Ac	- 95,24	51,44 Bc	+ 1,31
Colheita manual	43,33 Aa	- 64,35	91,23 Ba	+ 79,67
CV (%)	25,89	-	20,69	-

\*Médias seguidas por mesmas letras minúsculas, comparadas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas, comparadas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste t à 5% de probabilidade.

Nas duas lavouras a colheita com até duas operações apresentou variação semelhante à colheita manual. As colheitas com três passadas ou mais reduziram a produtividade de maneira acentuada. No entanto, as colheitas das próximas duas safras é que nos irá dizer qual tratamento contribui mais para a variação da produtividade. Isso porque notou-se que nos tratamentos que se utilizou maior número de passadas houve maior “palmeamento” (emissão de ramos plagiotrópicos secundários e

terceários que elevam o número de nós dos ramos), preparando uma “caixa” maior para a próxima safra.

Os danos às plantas variam de colhedora para colhedora, principalmente devido à distância que a ponta das hastes estão dos ramos ortotrópicos (distância entre cilindros e comprimento das hastes), à altura de entrada das colhedoras e, é claro, das regulagens. Os danos são mais preocupantes na colheita do café de primeira safra, pois podem comprometer todo o desenvolvimento das plantas, já que elas são mais frágeis que as plantas adultas. Algumas estratégias estão sendo utilizadas para minimizar os danos, como a colocação de mangueiras na ponta das hastes. Para derriçar os cafés situados muito próximos dos ramos ortotrópicos, é necessário utilizar hastes mais compridas, de forma que uma ultrapasse a outra, de um lado para o outro. Com isso, o impacto dos troncos é mais intenso, elevando os danos. O extensor de borracha (mangueira) substitui a ponta da haste de fibra de vidro, minimizando os danos.

### **Café caído, como proceder?**

Por mais que se eleve a eficiência da colheita, sempre haverá uma quantidade de café caído após a operação mecanizada. Geralmente essa quantidade varia de 10 a 20% da carga total. Isto somado à aproximadamente 5% da produção que cai naturalmente (dependendo da região, chuvas, ventos, início da colheita), pode chegar a 25% de toda a produção. Portanto, deve-se dar grande importância a esse tipo de colheita, fato não constatado em muitas propriedades cafezeiras.

A utilização de recolhedoras de café no chão permite retirar a quantidade de café que caiu naturalmente ou devido à operação de colheita com velocidade maior que o recolhimento manual, atendendo a demanda no tempo correto. O café caído permanecendo no solo por menos tempo sofre menos a ação de micro-organismos fermentadores, decompositores e etc, minimizando a perda dos atributos organolépticos do café que acarretam em perda de qualidade, que conferem gosto adstringente à bebida e menor valor de mercado. Além disso, o principal benefício desse tipo de operação é com relação ao seu custo, sendo cerca de 50 a 60% mais barato que o manual.

É claro que, dependendo do volume de café presente no chão, do

preço da saca de café, e do custo que demandará o processo, o recolhimento pode ser economicamente inviável. No entanto, o recolhimento também é uma prática cultural importante para o controle da broca do café, praga de extrema importância e de controle difícil e oneroso.

Após a safra, a broca do café (*Hypotenemus hampei*) fica alojada no interior dos frutos do café caídos, e quando os frutos da safra seguinte se encontram no estágio chumbinho, as fêmeas da broca saem no chamado “período de transito da broca” iniciando a perfuração dos frutos novos, promovendo graves prejuízos de perda de qualidade (defeitos), perda de rendimento e redução da produtividade. A remoção desses frutos é o principal controle cultural e deve ser feita mesmo em áreas de pouca “pressão”, pois o acúmulo dos frutos com brocas vivas em seu interior irá aumentar sua infestação, tornando-a um grande problema. Não colher os frutos significa manter a praga dentro da lavoura, o que demandará maior rigor no controle químico da safra seguinte.

A operação mecanizada do recolhimento do café demanda duas etapas, realizadas por duas máquinas distintas. O soprador-enleirador sopra o café e outros materiais vegetais presentes sob a saia dos cafeeiros nas duas linhas de café ao seu lado para o centro de cada rua. Ao mesmo tempo, um conjunto de “lâminas” de borracha (helicópteros) rotacionam para dentro de forma a enleirar o material que está na rua, preparando-o para a próxima etapa. Os helicópteros estão presentes em apenas alguns modelos de soprador-enleirador, não sendo indicados em terrenos desnivelados, pois são frágeis.

A segunda etapa é realizada pela recolhedora de café que utiliza um conjunto de elevadores que recolhe o café mais os resíduos do solo e internamente os submentem a um conjunto de peneiras, trituradores de resíduos, sopradores de poeira e folhas etc., armazenando somente o café em seu compartimento, com o mínimo de impurezas possível. Ambas as máquinas são tracionadas por um trator simples, do tipo cafeeiro, de 65 a 70 cv de potência.

Inicialmente, é necessário fazer o preparo do solo para a colheita. Para isso no mês de abril (mais ou menos 45 dias antes do início da primeira passada da colhedora) aplica-se o herbicida para folha larga e estreita na rua do café. Após 10 a 15 dias utiliza-se o soprador-enleirador para amontoar os restos vegetais (opcional). Cerca de 10 dias

depois, recomenda-se o uso da trincha para fracionar os restos culturais acelerando sua decomposição. Se por acaso ocorrer alguma chuva no intervalo desse período, recomenda-se a utilização de mais uma aplicação do herbicida, com dose 30% inferior a primeira, a fim de garantir que as plantas daninhas não cresçam.

Após essas operações a rua de café está pronta para a prática da colheita e recolhimento. Vale ressaltar que todas essas práticas são feitas normalmente, não sendo uma exigência para a colhedora. Dependendo da região (clima, altitude e latitude) e estágio de maturação dos frutos, a colheita se inicia no mês de junho (com variações). Dependendo da carga de café, da eficiência da primeira passada e do manejo do produtor, opta-se pela segunda passada da colhedora ou repasse manual, cerca de 20 a 25 dias após a primeira passada (em alguns casos colheita com três passadas). O que se tem observado em trabalhos científicos e na prática é que cerca de 7 a 15% de café cai no chão após a primeira passada e, após a segunda, o número cresce para 10 a 20%, se estabilizando.

Quando os tratores da fazenda encontram-se disponíveis, inicia-se o processo de recolhimento, primeiramente com o soprador-enleirador e depois com a colhedora. A primeira etapa demanda cerca de 1,5 a 2,0 horas para se trabalhar 1 ha, pois a velocidade de deslocamento é de aproximadamente  $2.000 \text{ m h}^{-1}$ . Na segunda etapa gasta-se de 3,0 a 4,5 horas para se recolher 1 ha, pois a velocidade operacional varia de  $1.000$  a  $1.500 \text{ m h}^{-1}$ , dependendo da declividade e da quantidade de resíduos e de café depositos na leira.

Dentre as máquinas existentes no mercado, encontram-se modelos das marcas Miac, Mogiana, Urso Branco Dragão Sol, Colhedora de café Dragão central, Selecta, Gafanhoto, Colhedora Arábica I, Colhedora de café Pinhalense, Máquina Solution, Colhedora de café Terra, além de uma série de máquinas adaptadas. Vale ressaltar que essas máquinas evoluíram muito, apresentando um material colhido com poucas impurezas.

### **Custo do recolhimento:**

Soprador-enleirador: apresenta alta capacidade operacional ( $0,5 \text{ ha h}^{-1}$ ), sendo necessário um para cada 200 ha. O custo de aquisição do soprador-enleirador é de aproximadamente R\$ 35.000,00 e sua vida

útil média é 7,5 anos, trabalhando cerca de 750 horas ano<sup>-1</sup>. Desta forma, o conjunto trator + soprador/enleirador terá um custo horário total de, aproximadamente, R\$ 40,40 h<sup>-1</sup>.

Recolhedora: apresenta baixa capacidade operacional (em torno de 0,25 ha h<sup>-1</sup>), demandando uma máquina para cada 125 ha. O custo de aquisição da recolhedora é de aproximadamente R\$ 95.000,00 e sua vida útil é estimada em 10 anos, com taxa anual de trabalho de 500 horas ano<sup>-1</sup>. Considerando-se estes fatores, a recolhedora, juntamente com o trator necessário para tracioná-la, apresentará em média um custo horário total de R\$ 56,00 h<sup>-1</sup>.

Pode-se estimar o custo total para cada hectare, utilizando-se o soprador-enleirador (2 horas), a recolhedora por 4,5 horas, o que resulta em R\$ 332,00 ha<sup>-1</sup>. O custo manual seria de aproximadamente R\$ 750,00 ha<sup>-1</sup>. Obviamente que estes são valores aproximados, uma vez que o custo terá variações, principalmente com relação ao manual que pode aumentar dependendo da região. Além disso, no caso de regiões distantes de centros urbanos, deve-se adicionar o custo com o transporte e, dependendo do caso, com alojamento. De modo geral, utilizando-se a recolhedora de café obtém-se uma redução de custo de aproximadamente de R\$ 418,00 ha<sup>-1</sup>.

Não se sabe ao certo quanto tempo o café caído no chão leva para perder qualidade de forma a depreciar seu preço, ou seja, se tornar café de varrição. Essa velocidade depende da quantidade de resíduos presentes sob a saia, clima e temperatura da região, enfolhamento da lavoura, espaçamento (que proporciona maior ou menor sombreamento), sistema de irrigação dentre outros fatores. De qualquer forma, o café deve ser recolhido.

### **Considerações finais**

A mecanização nas lavouras cafeeiras vêm evoluindo, se espelhando nas outras culturas, que atualmente estão a vários passos à frente. Esta ciência aliada à agricultura de precisão irá elevar a eficiência dos processos e o aproveitamento dos insumos, reduzindo custos e gerando maior lucro. O Engenheiro Agrônomo deve adaptar-se a essas mudanças no campo para estar atualizado com a realidade e contribuir para o sucesso da cafeicultura.

## Referências bibliográficas

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. G.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. Cultura de café no Brasil: Novo Manual de Recomendações. Rio de Janeiro e Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2010. 542 p.

OLIVEIRA, E.; SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; FIGUEIREDO, C.A.P. Influência da vibração das hastes e da velocidade de deslocamento da colhedora no processo de colheita mecanizada do café. Engenharia Agrícola, v. 27, n. 3, p.714-721, set./dez. 2007.

SANTINATO, F.; RUAS, R.A.A.; SILVA, R.P.; TAVARES, T.O.; SANTINATO, R. Efeitos morfológicos decorrentes da colheita mecanizada com até seis operações da colhedora e colheita manual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 40, Serra Negra. Trabalhos apresentados... Serra Negra: MAPA/PROCAFÉ, 2014.

SANTINATO, F.; RUAS, R.A.A.; SILVA, R.P.; TAVARES, T.O.; SANTINATO, R. Variação da produtividade em função da colheita com até seis operações da colhedora e colheita manual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 40, Serra Negra. Trabalhos apresentados... Serra Negra: MAPA/PROCAFÉ, 2014.

SANTINATO, F.; RUAS, R.A.A.; SILVA, R.P.; TAVARES, T.O.; SANTINATO, R. Correlação entre danos às plantas e variação da produtividade entre duas safras em anos de bienalidade positiva e negativa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 40, Serra Negra. Trabalhos apresentados... Serra Negra: MAPA/PROCAFÉ, 2014.

SANTINATO, F.; SILVA, R.P.; CASSIA, M.T.; SANTINATO, R. Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. Coffee Science, v. 9, n.4, 2014.

SANTINATO, F.; SILVA, R.P.; RUAS, R.A.A.; CASSIA, M.T.; SANTINATO, R. Comparação entre o custo da colheita manual e mecanizada de uma a seis passadas da colhedora. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 39, Poços de Caldas.

Trabalhos apresentados... Poços de Caldas: MAPA/PROCAFÉ, 2013 a. p. 195 - 98.

SILVA, C.F.; SILVA, F.M.; ALVES, M.C.; BARROS, M.M.; SALES, R.S. Comportamento da força de desprendimento dos frutos de cafeeiros ao longo do período de colheita. *Ciência e Agrotecnologia*, v.34, n.2, p.468-474, 2010.

SILVA, F.M.; ALVES, M.C.; SOUZA, J.C.; OLIVEIRA, M.S. Efeitos da colheita manual na bienalidade do cafeeiro em Ijací, Minas Gerais. *Ciência e Agro tecnologia*, v. 34, n.3, p. 625-632, 2010.



# EFEITOS FISIOLÓGICOS PROVOCADOS POR FUNGICIDAS

Daniela Resende Carrijo<sup>1</sup>

Durval Dourado Neto<sup>2</sup>

## Introdução

A descoberta de uma molécula nova com ação fungicida é resultado de um trabalho de pesquisa e estudo prévio de cerca de 10 anos (média da maioria das empresas de defensivos químicos). A aplicação repetitiva de um mesmo fungicida ou de fungicidas de um mesmo grupo químico exerce uma pressão de seleção na população de fungos existentes, facilitando o desenvolvimento de resistência. Por isso, é muito importante a descoberta de moléculas novas, com modos de ação diferentes, para se fazer a rotação de fungicidas na lavoura, evitando o surgimento de populações fitopatogênicas resistentes.

O FRAC (*Fungicide Resistance Action Committee*) classifica os fungicidas em grupos, de acordo com seu mecanismo de ação fungitóxico. Os grupos mais utilizados no Brasil são os benzimidazóis, os triazóis, as estrobilurinas e as carboxamidas (AGROFIT, 2014).

## Principais grupos de fungicidas

Os benzimidazóis atuam de forma sistêmica e incluem os princípios ativos Carbendazim, Tiofanato-metílico e Tiabendazol. Possuem um amplo espectro de ação, abrangendo o oídio, a antracnose e a cercosporiose. São muito utilizados no tratamento de sementes, garantindo um estande adequado de plantas, mesmo com a semeadura coincidindo com períodos de estiagem (MERTZ; HENNING; ZIMMER, 2009). O sítio de ação dos benzimidazóis é a  $\alpha$ -tubulina, uma proteína que se une a outra, a  $\alpha$ -tubulina, para formar os microtúbulos, que

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma e mestre em Fitotecnia. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Avenida Pádua dias, 11 - caixa postal 9, Piracicaba, SP. danielarcarrijo@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, mestre em Irrigação e Drenagem, doutor em Solos e Nutrição de Plantas e pós-doutor em Física do solo e Modelagem em Agricultura, Professor titular da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Avenida Pádua dias, 11 - caixa postal 9, Piracicaba, SP. d.dourado.n@gmail.com

compõem o citoesqueleto das células. Uma das principais funções do microtúbulo é o deslocamento de cromossomos no processo de divisão celular, a mitose. Portanto, os benzimidazóis atuam inibindo a formação dos microtúbulos e, como resultado, as células não se dividem e passam a ser multinucleadas, levando o fungo à morte (DAVIDSE, 1986). Os benzimidazóis foram introduzidos para uso em diversas culturas na década de 60, porém, devido ao seu intenso uso tornaram-se muito persistentes no solo e na água, com uma meia-vida de 25 meses em condições anaeróbias (COUTINHO *et al.*, 2006). Assim, com o surgimento dos triazóis, foi possível uma melhor diversificação dos produtos usados na agricultura.

Os triazóis, também chamados de inibidores da biossíntese de esteróis, controlam um amplo espectro de doenças causadas por ascomicetos, basidiomicetos e fungos anamórficos, não tendo atuação sobre oomicetos como *Pythium* e *Phytophthora*, já que esses não sintetizam esteróis. Incluem os princípios ativos Ciproconazol, Propiconazol, Tebuconazol, Epxiconazol, Difeconazol e Bromuconazol.

Entre as doenças controladas na soja, estão a ferrugem asiática, o crestamento foliar, a mancha parda e o oídio. O modo de ação dos triazóis é a interrupção da primeira etapa do processo de biossíntese dos ergosteróis, por meio da ocupação de um sítio ativo, localizado no citocromo P-450, destinado à ligação da enzima  $14\alpha$ -demetilase. Dessa forma, ocorre um acúmulo de produtos intermediários do processo e não há a formação do ergosterol, que é um componente da membrana celular dos fungos, exercendo funções semelhantes às do colesterol em células animais. A ausência dos ergosteróis causa uma desorganização da estrutura celular, induzindo a formação de membranas alternativas. Com doses elevadas de fungicida, observa-se dano direto sobre a membrana assim como alterações morfológicas. Estas alterações se caracterizam por inchamento das células, vacuolização excessiva, septação incompleta, aparecimento de vesículas entre a membrana e a parede celular e a formação de inclusões membranosas (FORCELINI, 1994; TOMLIN, 2002). A maior vantagem do triazóis é que os fungos dificilmente tornam-se resistentes a esse grupo de moléculas e, quando apresentam certa resistência, essa normalmente vem acompanhada de uma dificuldade de adaptação do biótipo ao ambiente (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011).

As estrobilurinas foram biossintetizadas a partir de um metabólito secundário produzido pelo fungo *Strobilurus tenacellus* e, por isso, são assim chamadas. Este grupo começou a ser comercializado como fungicida em 1996, sendo amplamente usado de forma isolada e em mistura com os triazóis (RODRIGUES, 2006). As estrobilurinas agem inibindo o transporte de elétrons no complexo 3 mitocondrial, portanto, inibindo a respiração dos fungos e, conseqüentemente, a formação de ATP. Elas possuem um amplo espectro de ação, que abrange ascomicetos, fungos anamórficos, alguns basidiomicetos e alguns oomicetos (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011). Entre as doenças controladas na soja, estão a ferrugem asiática, o oídio e as doenças de final de ciclo (*Septoria glycines*, *Cercospora kikuchii* e *Corynespora cassiicola*). As estrobilurinas atuam tanto preventivamente, inibindo a germinação de esporos, como de forma curativa e erradicante, bloqueando o desenvolvimento dos fungos nos primeiros estádios após a germinação, além de possuir atividade antiesporulante (VENANCIO *et al.*, 1999). As principais moléculas do grupo são a Azoxistrobina, a Piraclostrobina e a Trifloxistrobina.

As carboxamidas foi um dos primeiros grupos de ação sistêmica a ser descoberto. As primeiras moléculas deste grupo eram seletivas para doenças causadas por basidiomicetos, e seu estreito espectro de fungitoxicidade incluía carvões, cáries, ferrugens e *Rhizoctonia solani* (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011). Porém, os fungicidas deste grupo praticamente deixaram de ser usados com o surgimento de moléculas de grupos químicos com maior espectro de ação, como os benzimidazóis (afetam o processo de mitose), depois os triazóis (afetam a biossíntese de esteróis), seguidos das estrobilurinas (afetam a respiração). Recentemente, com a descoberta da molécula Fluxapiroxade, pertencente às carboxamidas, esse grupo volta a ser objeto de estudo. Semelhantemente às estrobilurinas, as carboxamidas atuam na respiração mitocondrial dos fungos, com a diferença que essas atuam no complexo 2 da cadeia de transporte de elétrons, também chamado de complexo succinato-desidrogenase. Esse complexo utiliza o aceptor de elétrons FAD para efetuar a transferência de elétrons de FADH<sub>2</sub> para a Coenzima Q. Assim, a inibição desse processo resulta no bloqueio da produção de ATP, além da formação de várias moléculas intermediárias

prejudiciais à célula. Os principais princípios ativos do grupo são a Carboxina, a Oxicarboxina e o Fluxapiróxade. A Carboxina tem uma alta fungitoxicidade, porém é bastante instável no organismo do fungo, sendo rapidamente oxidada em sulfóxido, composto não fungitóxico. A Oxicarboxina, por sua vez, apresenta menor fungitoxicidade, mas alta persistência no interior do fungo, permanecendo estável por mais tempo e, portanto, produz um controle mais eficiente que a Carboxina. Os estudos com o Fluxapiróxade mostram bons resultados no controle de *Corynespora cassicola* (TERAMOTO *et al.*, 2012), além de *Phakopsora pachyrhizi*, *Cercospora kikuchii* e *Septoria glycines*, que constam na bula da mistura Fluxapiróxade + Piraclostroquina.

### Efeitos fisiológicos

O surgimento de uma nova molécula no mercado representa um avanço na área da fitopatologia e um campo a ser explorado pela fisiologia. Nos últimos anos, tem sido crescente a pesquisa com fungicidas que, além de exercerem o controle de doenças, causam efeitos fisiológicos na planta, isto é, contribuem para o crescimento vegetal mesmo quando aplicados em plantas não infectadas por patógenos. Alguns resultados dessa pesquisa são os fungicidas Piraclostroquina (133 g.L<sup>-1</sup>) + Epoxiconazol (50 g.L<sup>-1</sup>) e Piraclostroquina (260 g.L<sup>-1</sup>) + Epoxiconazol (160 g.L<sup>-1</sup>), cujas propriedades fisiológicas estão registradas na bula dos respectivos produtos comerciais.

O grupo químico das estrobilurinas é o mais abordado na literatura quando se trata de efeitos fisiológicos. Várias pesquisas já comprovaram a ação do fungicida na fisiologia vegetal de tal forma a alterar significativamente o metabolismo e a produção das plantas independentemente da presença de doença. A Piraclostroquina aplicada em plantas de soja, por exemplo, aumentou a fotossíntese líquida da planta, a atividade da enzima nitrato redutase e de uma gama de enzimas antioxidantes, a massa de matéria seca da planta, a produtividade e a qualidade dos grãos (RODRIGUES, 2009).

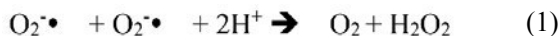
Não se pode negar o efeito positivo que alguns fungicidas causam no crescimento vegetal, o que fica claro com os incrementos em produtividade relatados em quase todos os trabalhos relacionados ao assunto, porém, o modo de ação fisiológica ainda não está totalmente

elucidado. A maioria das pesquisas mostram alterações: na atividade das enzimas antioxidantes, nas trocas gasosas, no metabolismo do nitrogênio e no metabolismo hormonal.

### Atividade de enzimas antioxidantes

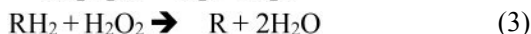
Enzimas antioxidantes estão presentes no organismo vegetal com a função de combater os radicais livres, como o superóxido ( $O_2^{\bullet}$ ), o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), os radicais hidroxila ( $OH^{\bullet}$ ) e o oxigênio *singlet* ( $^1O_2$ ). A presença desses radicais na planta é nociva, podendo inativar enzimas, danificar componentes celulares, células e tecidos devido a sua ação tóxica e mutagênica. Os radicais livres são formados naturalmente e continuamente no metabolismo aeróbico, como nas reações fotoquímicas da fotossíntese e no processo respiratório, pois o oxigênio tem a capacidade de agir como um redutor parcial nas reações de oxirredução, representando uma constante ameaça ao organismo vegetal. Além disso, em situações de estresse, tanto biótico quanto abiótico, a concentração desses radicais é aumentada, exigindo que a atividade das enzimas antioxidantes também se eleve (ROLÃO, 2010; TIMBÓ, 2013; AZEVEDO *et al.*, 1998). Entre as principais enzimas antioxidantes que atuam no organismo vegetal, estão a superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT) e a guaiacol peroxidase (GPX).

A SOD pode ser encontrada sob três formas: (i) aquela contendo cobre e zinco (CuZnSOD), encontrada no citoplasma, cloroplasto, peroxissomo e apoplasto; (ii) aquela contendo ferro (FeSOD), encontrada no cloroplasto e às vezes no peroxissomo e (iii) aquela contendo manganês (MnSOD), encontrada no cloroplasto e mitocôndria (KARUPPANAPANDIAN *et al.*, 2011). A SOD atua na primeira etapa da defesa, catalisando a transformação do superóxido em peróxido de hidrogênio, de acordo com a eq. (1):



O peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) formado ainda precisa ser eliminado em etapas posteriores, que serão realizadas pela CAT e GPX. A CAT está presente em todas as células de plantas, animais e microrganismos aeróbios, catalisando a oxirredução do peróxido de hidrogênio em oxigênio e água (SCANDALIOS, 1990). Em baixas concentrações

de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , a CAT oxida uma molécula contendo o radical  $\text{H}_2$  ( $\text{RH}_2$ ), que pode ser, por exemplo, uma molécula de etanol ou ácido ascórbico [eq. (2)]. Em altas concentrações do substrato, a CAT utiliza apenas o  $\text{H}_2\text{O}_2$ , que faz a função dupla de doador e receptor de oxigênio, para que a reação seja acelerada [eq. (3)]. A CAT é uma enzima altamente eficiente nesse processo de decomposição, não sendo facilmente saturada pelo  $\text{H}_2\text{O}_2$  (SCANDALIOS, 2005).



A GPX atua da mesma forma que a CAT, porém não é capaz de decompor o  $\text{H}_2\text{O}_2$  sozinho. A reação catalisada pela GPX também é representada pela eq. 3, sendo que o radical R, nesse caso, é o guaiaicol. A GPX faz parte de um amplo grupo, as peroxidases, cujo modo de ação é o mesmo, mas cada uma oxida um radical específico. Por exemplo, enquanto a GPX decompõe o  $\text{H}_2\text{O}_2$  mediante a presença de guaiaicol, a ascorbato peroxidase decompõe o  $\text{H}_2\text{O}_2$  mediante a presença do ascorbato (MIKA; LUTHJE, 2003). Sendo assim, a atividade das enzimas antioxidantes e, principalmente, o equilíbrio entre as atividades da SOD e da CAT ou GPX é essencial para conter os radicais livres no organismo, permitindo o desenvolvimento pleno da planta (MITTLER, 2002).

É nesse contexto, considerando o sistema antioxidante da planta, que muitos autores relacionaram a atividade das enzimas antioxidantes com a aplicação de alguns fungicidas. Wu e Von Tiedemann (2001) estudaram o processo de senescência da planta de trigo pulverizada com o fungicida Azoxistrobina (grupo químico das estrobilurinas), sob condições controladas em casa de vegetação. Os autores observaram que o processo de senescência era acompanhado de uma diminuição nos níveis de SOD e de uma concomitante elevação do teor de superóxido ( $\text{O}_2\cdot$ ). Porém, nas plantas tratadas com Azoxistrobina, os níveis de SOD mantiveram-se altos por mais tempo e também foi identificada uma elevação na concentração de peróxido de hidrogênio, comparando com plantas não tratadas no mesmo estágio fenológico. Isso indica que ocorreu um atraso significativo na senescência dessas plantas, principalmente daquelas tratadas precocemente, e, por consequência, apresentaram maiores produtividades.

Amaro (2011) realizou um experimento em casa de vegetação com plantas de pepino enxertado e pé franco para avaliar o efeito fisiológico de alguns fungicidas. As atividades de CAT, SOD e peroxidases foram incrementadas na maioria dos tratamentos fungicidas, principalmente naquele com Piraclostrobina + Boscalida, e esse efeito positivo foi refletido em maiores produtividades.

Lacerda (2014), avaliando plântulas de soja cujas sementes foram tratadas com diferentes fungicidas, também constatou que aquelas tratadas com Fluxapiraxade, Piraclostrobina e Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato Metílico apresentaram maiores atividades de CAT quando comparadas com as plântulas sem tratamento.

### Trocas gasosas

Outro efeito fisiológico de alguns fungicidas que foi observado por muitos autores está no sistema fotossintético e respiratório das plantas. Eles observaram alterações significativas no balanço fotossintético de plantas tratadas. Fagan *et al.* (2010) aplicaram os fungicidas Tebuconazol (triazol) e Piraclostrobina (estrobilurina) em plantas de soja no estádio R<sub>1</sub> e R<sub>5,1</sub> e constataram uma imediata elevação da taxa fotossintética das plantas tratadas com Piraclostrobina, que apresentaram taxas 10% mais elevadas que o tratamento com Tebuconazol apenas 3 horas após a primeira aplicação. Sete dias depois, essa diferença foi de 17% a mais que o tratamento com triazol e 56% em relação à Testemunha. Eles observaram também que o tratamento com Piraclostrobina promoveu uma redução nos níveis de respiração das plantas, desde o primeiro até o 17º dia após a primeira aplicação. O mesmo comportamento foi repetido após a segunda aplicação, com elevações na taxa fotossintética e reduções na respiração das plantas tratadas com Piraclostrobina. Essas alterações foram percebidas na produtividade dos grãos, que foi significativamente maior no tratamento com a estrobilurina.

Corroborando com os resultados de Fagan *et al.* (2010), Giuliani *et al.* (2011) constataram que plantas de tomate isentas de doença responderam positivamente à aplicação do fungicida Azoxistrobina, quando em condições de estresse hídrico. As plantas tratadas apresentaram melhor eficiência no uso da água, calculada pela razão entre a fotossíntese líquida ( $\mu\text{mol}[\text{CO}_2].\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) e a taxa transpiratória

( $\text{mmol}[\text{H}_2\text{O}].\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), resultando em uma produtividade mais alta que o tratamento Controle.

Martins (2011), comparando a mistura Piraclostrobina + Epoxiconazol com o Epoxiconazol, verificou que a mistura aplicada em plantas de soja no estágio fenológico R<sub>2</sub> elevou a fotossíntese líquida e a taxa transpiratória das folhas em relação ao tratamento com o triazol isolado. Essas diferenças foram observadas tanto para as folhas do estrato superior quanto para as folhas do estrato inferior da planta.

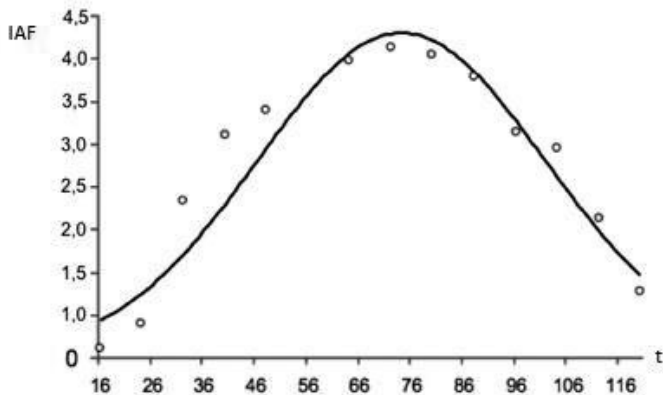
Plantas de feijão tratadas com Piraclostrobina na dose de 0,3 L.ha<sup>-1</sup> em R<sub>5</sub> e R<sub>7</sub> também apresentaram médias fotossintéticas maiores que o tratamento controle em situação de estresse hídrico. Esse resultado foi refletido em uma maior produtividade de grãos, sugerindo que a Piraclostrobina auxilia na superação do estresse fotossintético causado pela deficiência hídrica, a favor da manutenção da produção (JADOSKI, 2012).

As estrobilurinas atuam na respiração mitocondrial dos fungos, mais precisamente no complexo III mitocondrial, inibindo a transferência de elétrons do citocromo b para o citocromo c1 (VON JAGOW; LINK, 1986). Segundo Köhle *et al.* (1994), a atuação fisiológica das estrobilurinas está provavelmente relacionada com o seu modo de ação fungitóxica. A seletividade das estrobilurinas depende mais das reações de defesa do fungo (por meio da bipartição da molécula fungicida ou da sua degradação metabólica, por exemplo, impedindo-a de alcançar o seu sítio alvo) do que de uma ligação específica entre o complexo mitocondrial do fungo e a molécula fungicida (KÖHLE *et al.*, 1994). Desta forma, pode-se esperar também que a estrobilurina atinja a mitocôndria da célula vegetal, interferindo, ao menos parcialmente, no seu processo respiratório, o que poderia beneficiar a fotossíntese líquida da planta e, conseqüentemente, potencializar a assimilação de carbono e nitrogênio (RODRIGUES, 2009). Cabe salientar que uma redução temporária da respiração pode não significar fitotoxicidade, dependendo da importância da respiração mitocondrial para o suprimento de energia, a qual varia dependendo da fenologia da planta e das condições ambientais (SAUTER *et al.*, 1995).

Por outro lado, a respiração é um fator preponderante no metabolismo da planta. Teoricamente, a respiração tem sido separada em

respiração de crescimento e de manutenção. A respiração de crescimento concorre para a síntese de nova biomassa e é proporcional à taxa fotossintética líquida, enquanto a de manutenção concorre para a reciclagem de compostos já existentes e é maior quanto maior for a biomassa vegetal (ROBSON, 1973; HAY; WALKER, 1989; KRAUSS; WILSON; ROBSON, 1989). Mesmo considerando que a importância da respiração depende da fenologia da planta como salientado por Sauter *et al.* (1995), deve-se ressaltar que a aplicação de fungicidas é geralmente realizada nos estádios em que o metabolismo e o crescimento da planta é mais intenso (florescimento e enchimento de grãos), como mostram as Figuras 1 e 2. Nesses períodos, a respiração de crescimento é alta, concorrendo para o aumento de biomassa que, por sua vez, eleva a respiração de manutenção. Sob esse ponto de vista, não seria possível ocorrer uma redução na respiração (R) das plantas tratadas com o fungicida, portanto, o aumento na fotossíntese líquida (FL) só poderia ser explicado por um aumento da fotossíntese bruta (FB), de acordo com a equação 4.

$$FL = FB - R \quad (4)$$



**Figura 1** - Variação do índice de área foliar do milho (IAF,  $m^2 \cdot m^{-2}$ ) em função do tempo (t, dias após a emergência). Fonte: Silva *et al.* (2011)

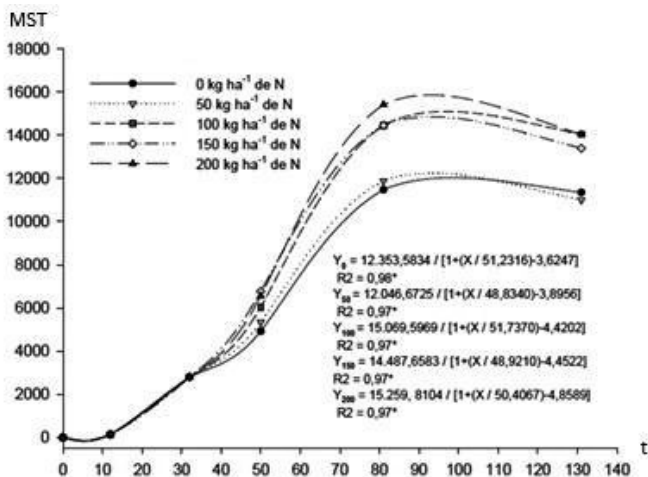


Figura 2 - Variação da massa matéria seca total do milho (MST, kg.ha<sup>-1</sup>) em função do tempo (t, dias após a emergência). Fonte: Von Pinho *et al.* (2009)

## Metabolismo do nitrogênio

O foco das pesquisas que citam o metabolismo do nitrogênio como principal efeito fisiológico dos fungicidas é a atividade da nitrato redutase. Ela é encontrada no citoplasma das folhas, onde catalisa o primeiro estágio da assimilação do nitrato, reduzindo-o a nitrito. Esse depois será reduzido em amônio, com a ação da nitrito redutase, encontrada nos cloroplastos, e o amônio é em seguida incorporado aos aminoácidos que formarão as proteínas vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2009). Outras formas de se avaliar a presença do N nas plantas é, diretamente, pela quantificação do nutriente nas folhas e, indiretamente, pelo teor de clorofila estimado pelo índice SPAD, que mensura a cor verde refletida pelos tecidos fotossintéticos.

Fagan (2007) avaliou no campo a atividade da nitrato redutase em plantas de soja pulverizadas com Piraclostrobina e com Tebuconazol, nos estádios R<sub>1</sub> e R<sub>5,1</sub>. Ele observou que o tratamento com a estrobilurina mostrou maior atividade da enzima alguns dias após as aplicações. A resposta enzimática foi mais rápida em R<sub>1</sub>, em que as diferenças se mostraram significativas já no primeiro dia após a aplicação, enquanto isso só aconteceu aos seis dias após a segunda aplicação

(R<sub>5.1</sub>). Além disso, a produtividade do tratamento com Piraclostrobina foi, em média, 4 sacas.ha<sup>-1</sup> superior ao tratamento com Tebuconazol.

Lima, Moraes e Silva (2012) conduziram um experimento com mudas de bananeira e verificaram que a área foliar, a atividade da nitrato redutase, o teor de clorofila (índice SPAD) e o teor de nitrogênio total das plantas tratadas com Piraclostrobina foi levemente superior em relação às tratadas com Azoxistrobina, que, por sua vez, apresentaram resultados bastante superiores às do tratamento Testemunha.

Plantas de melão rendilhado aplicadas tanto com Piraclostrobina isolada, Boscalida isolada e com a mistura Boscalida+Piraclostrobina apresentaram maiores valores do índice SPAD quando comparadas com plantas aplicadas com Azoxistrobina ou sem aplicação, aos 44 dias após a pulverização. Quanto à atividade da nitrato redutase, a mistura Boscalida+Piraclostrobina apresentou maior atividade da enzima que o tratamento Controle e o tratamento com Azoxistrobina, aos 22 e aos 43 dias após a aplicação (MACEDO, 2012).

### **Alterações hormonais**

Os hormônios vegetais são reguladores químicos internos e atuam sobre a divisão, alongação e diferenciação celular. De um modo geral, as auxinas, citocininas e giberelinas são promotoras do crescimento, enquanto o etileno e o ácido abscísico (ABA) estão relacionados à fase de senescência da planta. Além disso, o etileno também está associado a situações de estresse, tendo sua produção induzida em caso de lesão, alagamento, seca, doenças e temperaturas extremas, por exemplo (TAIZ; ZEIGER, 2009). Por isso, alguns autores se baseiam nas alterações hormonais para explicar os efeitos fisiológicos produzidos por fungicidas.

Em experimento realizado com plantas de soja das variedades cultivadas M8008RR e M7878RR, avaliou-se a atividade das citocininas (zeatina e isopentil-adenina), auxina (ácido indolbutírico) e giberelinas (GA<sub>3</sub>). As plantas tratadas com Piraclostrobina + Epoxiconazol apresentaram maiores conteúdos de citocininas, auxina e giberelinas que aquelas tratadas com Tebuconazol e aquelas sem tratamento. Em outro experimento realizado com plantas de soja das variedades cultivadas Conquista, CD-208 e M-7501, avaliou-se o teor de etileno. As

plantas que receberam pelo menos uma aplicação do fungicida Piraclostrobina + Epoxiconazol apresentaram menores teores de etileno em relação aos tratamentos Testemunha e outros que não continham o princípio ativo Piraclostrobina. Em ambos os experimentos, foram observadas maiores produtividades nos tratamentos contendo a Piraclostrobina (RODRIGUES, 2009).

Grossmann, Kwiatkowski e Gaspar (1999) estudaram as mudanças hormonais em plantas e discos foliares de trigo, entrando na fase de senescência, tratados com diferentes doses da estrobilurina Kresoxim-metil. Eles observaram que as plantas tratadas tiveram decréscimos nos níveis de etileno e acréscimos nos níveis de citoquininas, resultando em um atraso na senescência dessas plantas, que, consequentemente, tiveram mais tempo para acumular os produtos fotossintéticos.

Diaz-Espejo *et al.* (2012) realizaram experimentos com videiras totalmente livres de doenças e pulverizadas com Metiram + Piraclostrobina. As plantas tratadas não apresentaram diferenças com relação à Testemunha quanto à condutância estomática das folhas, potencial osmótico da folhas e qualidade das uvas. Porém, a concentração foliar de ABA se elevou no primeiro dia após a aplicação e, em seguida, foi reduzida até que no terceiro dia já não havia diferença com o tratamento Testemunha. Além disso, as plantas tratadas com Metiram + Piraclostrobina apresentaram valores superiores de componentes da produção. Segundo os autores, o efeito da estrobilurina é de mimetizar um leve estresse hídrico na planta, causando um efeito positivo na eficiência do uso da água e na produtividade.

Em síntese, independente do local em que ocorre o efeito fisiológico, os resultados das pesquisas são animadores pois apresentam incrementos na produtividade e, às vezes, na qualidade do produto final também. Talvez, o esclarecimento do exato mecanismo de ação fisiológica dependa de pesquisas mais aprofundadas acerca do mecanismo de ação fungitóxica de cada fungicida. É importante destacar que os resultados positivos a respeito de efeitos fisiológicos causados por fungicidas servem como mais uma ferramenta para guiar o produtor na escolha dos produtos disponíveis no mercado e não para incentivar o uso desses defensivos de forma preventiva, ou seja, aplicar o produto antes do nível de doença atingir o nível de dano econômico.

## Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo financiamento da pesquisa.

## Referências bibliográficas

AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 3 abril 2014.

AMARO, A.C.E. **Efeitos fisiológicos de fungicidas no desenvolvimento de plantas de pepino japonês enxertadas e não enxertadas, cultivadas em ambiente protegido**. 2011. 86p. Dissertação (Mestrado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2011.

AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**. 4. ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. 704 p.

AZEVEDO, R.A.; ALAS, R.M.; SMITH, R.J.; LEA, P.J. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in the leaves and roots of wild-type and a catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, Dublin, v. 104, n. 2, p. 280-292, 1998.

COUTINHO C.E.B.; GALLI, A.; MAZO, L.H.; MACHADO, S.A.S. Carbendazim e o meio ambiente: degradação e toxidez. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 16, p. 63-70, Jan./ Dez. 2006.

DAVIDSE, L.C. Benzimidazole fungicides: mechanism of action and biological impact. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 24, p. 43-65, 1986.

DIAZ-ESPEJO, A.; CUEVASA, M.V.; RIBAS-CARBOB, M.; FLEXASB, J.; MARTORELLB, S.; FERNÁNDEZ, J.E. The effect of strobilurins on leaf gas exchange, water use efficiency and ABA content in grapevine under field conditions. **Journal of Plant Physiology**, Amsterdam, v. 169, n. 4, p. 379-386, 2012.

FAGAN, E.B. **A cultura da soja: modelo de crescimento e aplicação da estrobilurina piraclostrobina**. 2007. 83 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

FAGAN, E.B.; DOURADO NETO, D.; VIVIAN, R.; FRANCO, R.B.; YEDA, M.P.; MASSIGNAM, L.F.; OLIVEIRA, R.F.; MARTINS, K.V. **Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja**. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 4, p. 771-777, dez. 2010.

FORCELINI, C.A. Fungicidas inibidores da síntese de esteróis. I. Triazoles. **Revisão anual de patologia de plantas**, Passo Fundo, v. 2, p. 335-355, 1994.

GIULIANI, M.M.; NARDELLA, E.; GATTA, G.; DE CARO, A.; QUITADAMO, M. Processing tomato cultivated under water deficit conditions: the effect of azoxystrobin. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TOMATO DISEASES, 3., 2010. v. 914; Ischia. **Acta Horticulturae**, Leuven: International Society for Horticultural Science, 2011. p. 287-294.

GROSSMANN, K.; KWIATKOWSKI, J.; GASPAR, G. Regulation of phytohormone levels, leaf senescence and transpiration by the strobilurin Kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 144, p. 805-808, 1999.

HAY, R.K.M.; WALKER, A.J. An introduction to the physiology of crop yield. England: **Longman Group**, 1989. 292p.

JADOSKI, C.J. **Efeitos fisiológicos da piraclostrobina em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) condicionado sob diferentes tensões de água no solo**. 2012. 80p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

KARUPPANAPANDIAN, T.; MOON, J.C.; KIM, C.; MANOHARAN, K.; KIM, W. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. **Australian Journal of Crop Science**, Sydney, v. 5, n. 6, p. 709-725, 2011.

KÖHLE, H.; GOLD, R.E.; AMMERMANN, E.; SAUTER, H.; ROEHL, F. *Biochemical Society Transaction*, London, v. 22, p. 65S, 1994.

KRAUSS, E.; WILSON, D.; ROBSON, M.J. Respiration: correlation with growth rate and its quantitative significance for net assimilation rate and biomass production. In: LAMBERS *et al.* (Ed.) Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants. **Hague**: Netherlands, 1989. p. 187-198.

LACERDA, M.P. **Caracterização fisiológica de plântulas de soja submetidas a diferentes tratamentos químicos**. 2014. 95p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

LIMA, J.D.; MORAES, W.S.; SILVA, S.H.M. Respostas fisiológicas em mudas de bananeira tratadas com estrobilurinas. *Semina - Ciências Agrárias*, Londrina, v.33, n.1, p.77-86, 2012.

MACEDO, A.C. **Efeitos fisiológicos de fungicidas no desenvolvimento de plantas de melão rendilhado, cultivadas em ambiente protegido**. 2012. 66p. Dissertação (Mestrado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

MARTINS, K.V. **Caracterização fisiológica e influência das folhas senescentes do estrato inferior na produtividade da cultura de soja**. 2011. 77p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MERTZ, L.M.; HENNING, F.A.; ZIMMER P.D. Bioprotetores e fungicidas químicos no tratamento de sementes de soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 13-18, Jan-Fev. 2009.

MIKA, A.; LUTHJE, S. Properties of guaiacol peroxidase activities isolated from corn root plasma membranes. *Plant Physiology*, Waterbury, v. 132, n. 3, p. 1489-1498, 2003.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, London, v. 7, n. 9, p. 405-410, Sept. 2002.

ROBSON, M.J. The growth and development of simulated sward of perennial ryegrass. II – Carbon assimilation and respiration in a seedling sward. **Annals of Botany**, Oxford, v. 37, n. 151, p. 501-518, 1973.

RODRIGUES, M.A.T. **Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de ação proposto pelo FRAC**. 2006. 249 p. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2006.

RODRIGUES, M.A.T. **Avaliação do efeito fisiológico do uso de fungicidas na cultura de soja**. 2009. 197p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

ROLÃO, M.B. **Resposta antioxidativa de cafeeiros (*Coffea arabica*) expostos ao metal pesado cádmio**. 2010. 67p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

SAUTER, H.; AMMERMAN, E.; BENOIT, R.; BRAND, S.; GOLD, R.E.; GRAMMENOS, W.; KOHLE, H.; LORENZ, G.; MUELLER, B.; ROEHL, F.; SCHIRMER, D.; SPEAKMAN, J.B.; WENDEROTH, B.; WINGERT, H. Mitochondrial respiration as a target for antifungals: lessons from research on strobilurins. In: antifungal agents. In; DIXON, G.K.; COPPING, L.G.; HOLLOMON, D.W. **Discovery and mode of action**. Oxford: BIOS Scientific Publishers, 1995. p. 173-191.

SCANDALIOS, J.G. Response of plant antioxidant defense genes to environmental stress. **Advances in Genetics**, New York, v. 28, p. 1-41, 1990.

SCANDALIOS, J.G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 38, p. 995-1014, 2005.

SILVA, M.A.; FERREIRA, W.P.M.; DE ANDRADE, V.M.S.; DA COSTA, J.M.N.; NEVES, L.O.; DE OLIVEIRA, E.C.; GONÇALVES, P.H.; MOSCON, E.S.; BEZERRA, A.R.G. Influência da área foliar na assimilação de CO<sub>2</sub> ao longo dos estádios fenológicos em um dossel de milho. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**, 17., 2011, Guarapari. Anais... Guarapari: SESC Centro de Turismo de Guarapari, 2011. 5p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820p.

TIMBÓ, R.V. **Estudo bioquímico da soja em defesa induzida pela herbivoria do percevejo-marrom *Euchistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae)**. 2013. 81p. Dissertação (Mestrado em Biologia Molecular) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

TOMLIN, C.D.S. **The pesticide manual: a world compendium**. 12 ed. Surrey, United Kingdom: British Crop Protection Council, 2002. 1 CD-ROM.

VENANCIO, W.S.; ZAGONEL, J.; FURTADO, E.L.; SOUZA, N.L. Novos fungicidas. I - produtos naturais e derivados sintéticos: estrobilurinas e fenilpirroles. **Revisão anual de patologia de plantas**, Passo Fundo, v. 7, p. 103-155, 1999.

VON JAGOW, G.; LINK, T.A. Use of specific inhibitors on the mitochondrial bcl complex. **Methods in Enzymology**, San Diego, v. 126, p. 253-271, 1986.

VON PINHO, R.G.; BORGES, I.D.; PEREIRA, J.L.R.; REIS, M.C. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 2, p. 157-173, 2009.

WU, Y.X.; VON TIEDEMANN, A. **Physiological effects of azoxystrobin and Epoxiconazol on senescence and the oxidative status of wheat.**, San Diego, v. 71, p. 1-10, 2001.



# QUEIJO MINAS ARTESANAL: NOVO PERFIL DA IGUARIA MINEIRA

*Sílvia de Lima Passos<sup>1</sup>*

*Gisele Maria Santos e Cintra<sup>2</sup>*

*Calimério Antônio Guimarães<sup>3</sup>*

## Introdução

Minas Gerais é o estado brasileiro que mais se destaca na produção agropecuária, especialmente quando se trata da produção de leite e seus derivados.

De acordo com o último censo agropecuário (IBGE, 2006), no Brasil são, aproximadamente, 5.175.000 estabelecimentos rurais, sendo que no sudeste, que possui 17,8% desse total, Minas Gerais se destaca com 223.073 propriedades onde se produz leite.

Com um rebanho bovino de 23.965.914 cabeças e mais de cinco milhões de vacas ordenhadas, o estado mineiro é responsável por 27,5% da produção de leite do país (IBGE, 2012).

Diante desses dados fica fácil aceitar a máxima que “existe vaca sem mineiro, mas não existe mineiro sem vaca” e entender o quão importante é a pecuária leiteira no estado, uma vez que mais de um milhão e oitocentas mil pessoas estão ocupadas na atividade (IBGE, 2006).

Um dos derivados lácteos mais consumidos em Minas Gerais e mais apreciados fora de suas fronteiras é o queijo. Nessa fatia incluem-se os queijos dos mais variados tipos (minas frescal, minas padrão, muçarela, dentre outros), produzidos em laticínios a partir do leite pasteurizado. Alguns municípios do estado como São Vicente de Minas e Cruzília são nacionalmente reconhecidos pela produção de queijos finos em suas indústrias.

<sup>1</sup> Extensionista Agropecuário II- médica veterinária. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Email: [silvia.passos@emater.mg.gov.br](mailto:silvia.passos@emater.mg.gov.br)

<sup>2</sup> Extensionista Bem Estar Social II- assistente social. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Email: [gisele.cintra@emater.mg.gov.br](mailto:gisele.cintra@emater.mg.gov.br)

<sup>3</sup> Médico veterinário. Instituto Mineiro de Agropecuária. Email: [araxa@ima.mg.gov.br](mailto:araxa@ima.mg.gov.br)

Dentre tantos representantes do setor “queijeiro”, o Queijo Minas Artesanal fabricado a partir de leite de vaca, integral, fresco e cru, aparece como uma iguaria de história secular, sendo que ainda nos dias atuais representa importante fonte de renda para pequenos produtores que conseguem agregar mais valor à produção leiteira e ainda obter ganhos através dos subprodutos da produção de queijos (ALMEIDA & SOARES, 2008).

### **Um pouco de história**

A fabricação de queijos artesanais no Brasil possui suas origens com a colonização portuguesa e introdução das primeiras cabeças de gado bovino por volta de 1530.

Duas hipóteses foram levantadas para a herança da produção de queijos artesanais. Uma delas admitia que a tecnologia foi aprendida com imigrantes oriundos da região da Serra da Estrela, em Portugal, cujos queijos eram feitos a partir de leite de ovelha e cru, sendo coalhado pela flor do cardo (coalho de origem vegetal). Apresentavam pasta semi-mole, amanteigados e de cor branca ou amarelada, com período de cura variando entre 60 e 120 dias (MORENO, 2013 & WIKIPEDIA, 2014).

Entretanto, a hipótese mais aceita atualmente é de que a fabricação de queijos artesanais tenha sido introduzida pelos ilhéus portugueses (Ilha de Açores), que se estabeleceram em Minas Gerais nas proximidades de Caeté e Medeiros, por volta do século XVIII. Tais imigrantes já dominavam as técnicas de criação de gado e produção de queijos, fabricados a partir de leite de vaca, integral e cru, aprendidas com colonizadores originários do norte da Bélgica e Holanda. O queijo era “curado”, de consistência firme, pasta amarelada, dura ou semidura, com olhaduras pequenas e irregulares disseminadas na massa. Apresentava estrutura quebradiça, obtido por dessoragem e prensagem após coagulação com coalho exclusivamente de origem animal. Ainda era utilizado, como auxiliar do processo de acidificação o lactossoro ou fermento natural, obtido do fabrico do dia anterior. A “cura”, feita sob temperatura ambiente, durava, aproximadamente, um mês (ALMEIDA & SOARES, 2008; MERGAREJO NETO CITADO POR MORENO, 2013; WIKIPEDIA, 2014). Tais características mais se

aproximam do conceito de Queijo Minas Artesanal apresentado na lei estadual 14.185 de 31 de janeiro de 2002, que destaca o uso de leite de vaca, fresco e cru, utilização de coalho de origem animal e ainda o soro fermento ou fermento natural, conhecido como “pingo” (MINAS GERAIS, 2002).

A disseminação da produção de queijos artesanais em Minas Gerais nos remete à época do ciclo do ouro, no final do século XVII e início do XVIII. Nessa época, as expedições dos bandeirantes que desbravaram o interior do país levaram à formação de novos núcleos urbanos. Há a verificação de uma rota chegando às regiões onde atualmente se encontram Araxá, Serra da Canastra, Serra do Salitre, Serro e São João Del Rey, estas sabidamente ricas em ouro e pedras preciosas.

Nesses centros urbanos, além da mineração, foram sendo implantadas outras atividades como a pecuária. As condições de campo e pastagens nativas, assim como a existência de águas salobras, favoreceram a criação de gado, fatos que foram descritos por diversos naturalistas que visitaram a região.

Em 1819, Auguste de Saint-Hilaire descreve a importância da pecuária para a região de Araxá e o desenvolvimento dos rebanhos devido à pastagem natural e as águas ricas em sal (LIMA, 2003).

Já em 1845, o pesquisador francês Saint-Adolph descreve a criação de gado, fabrico de panos de algodão e de queijos como atividades importantes na Vila de São Domingos de Araxá (LIMA, 2003).

Dessa forma, a produção de queijos artesanais foi se tornando um hábito nessas regiões de Minas, ofício repassado entre gerações nas famílias rurais.

No século XX, a produção de queijos se torna atividade tão expressiva que diversas casas comerciais foram instaladas nas regiões produtoras, e o comércio, inclusive com outros estados, foi intensificado.

Ao longo dos anos, a instalação de grandes indústrias de laticínios altera o perfil da produção leiteira, afetando a produção de queijos artesanais que fica mantida em propriedades mais afastadas dos centros urbanos e com maior grau de dificuldade de acesso.

Representando importante fonte de renda de famílias rurais, parte da cultura e tradição do povo mineiro e uma iguaria reconhecida além das fronteiras estaduais, em meados do ano 2000, iniciou-se o

processo de adequações para a produção de queijos artesanais, culminando com a promulgação de uma lei estadual que protege a fabricação desses queijos. O grande objetivo da legislação foi unir o “saber fazer” do produtor rural às técnicas de produção de alimentos seguros.

O fato de ser produzido com leite cru, ou seja, sem tratamento térmico da matéria-prima, sempre foi fator de questionamentos, pois há necessidade de instituir rigorosos controles para obtenção do leite de qualidade e, assim, evitar a presença de microrganismos indesejáveis no produto final.

Diante do exposto, vamos analisar as legislações atuais e casos de sucesso envolvendo a produção de Queijo Minas Artesanal da região de Araxá.

### **As leis para o Queijo Minas Artesanal**

As principais características dos queijos artesanais, fabricado a partir de leite cru e em pequenas propriedades rurais, muitas vezes o torna suscetível à presença de microrganismos deteriorantes e até patogênicos, sendo imperativo que a obtenção da matéria-prima e do produto final sigam preceitos que garantam sua inocuidade (TEODORO *et al.*, 2013).

A fim de garantir a produção, a cultura e a tradição de um povo e a segurança alimentar do produto, o estado de Minas Gerais promulgou legislações que, atualmente, regem a produção e comercialização do Queijo Minas Artesanal.

A primeira lei estadual referente ao Queijo Minas Artesanal, 14.185, foi editada em 31 de janeiro 2002 (MINAS GERAIS, 2002). Nesse momento foi dada a identidade do Queijo Minas Artesanal ao se definirem seu conceito e processo de fabricação:

*“Art. 1º - É considerado Queijo Minas Artesanal o queijo confeccionado conforme tradição histórica e cultural da região do Estado onde for produzido, a partir do leite integral de vaca, fresco e cru, retirado e beneficiado na propriedade de origem, que apresente consistência firme, cor e sabor próprios, massa uniforme, isenta de corantes e conservantes, com ou sem olhaduras mecânicas”.*

“Art. 2º- Na fabricação do Queijo Minas Artesanal serão adotados os seguintes procedimentos:

*I- o processamento será iniciado até noventa minutos após o começo da ordenha; II- a fabricação se fará com leite que não tenha sofrido tratamento térmico; III- serão utilizados como ingredientes culturas lácticas naturais como pingo, soro fermentado ou soro fermento, coalho e sal; IV- o processo de fabricação se desenvolverá com a observância das seguintes fases: a) filtração; b) adição de fermento natural e coalho; c) coagulação; d) corte e coalhada; e) mexedura; f) dessoragem; g) enformagem; h) prensagem manual; i) salga seca; j) “maturação.” (MINAS GERAIS, 2002).*

Nessa legislação e em sua regulamentação são definidos os aspectos referentes à obtenção de matéria-prima de qualidade e em condições higiênicas, as características físicas das instalações de obtenção do leite e de fabricação dos queijos, o tratamento e qualidade da água a ser utilizada na fabricação, além do transporte e comercialização do produto. Também é apresentada a necessidade de cadastramento junto ao serviço oficial de fiscalização de produtos de origem animal e vegetal do estado, assim como inclui o órgão de assistência técnica e extensão rural, demonstrando um esforço conjunto para atingir os objetivos até então propostos.

Também em 2002, o Instituto Mineiro de Agropecuária estabelece portarias que regulamentam as ações a serem observadas pelos produtores de Queijo Minas Artesanais.

As portarias 517 e 518, de 14 de junho de 2002, e 523, de 03 de julho de 2002, abordam desde normas de defesa sanitária para os rebanhos (vacinações obrigatórias, controle e diagnóstico das principais zoonoses, tratamento e identificação dos animais), requisitos básicos das instalações, materiais e equipamentos para fabricação de queijos e também as condições de higiene das instalações e trabalhadores, instituindo as boas práticas de fabricação (IMA, 2002<sup>a</sup>, IMA, 2002b, IMA, 2002c).

Um grande diferencial existente na lei 14.185/02 é que a regularização da produção e comércio de queijos artesanais estava restrita a regiões que haviam sido caracterizadas como tradicionalmente produtoras de Queijo Minas Artesanal. Tais regiões foram definidas após a elaboração de estudos conduzidos pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais em parceria com diversas instituições e profissionais, que avaliaram a semelhança na tecnologia de fabricação dos queijos artesanais, as características de clima, solo e

pastagens, além da história e relação social, política e financeira entre os municípios. Dessa forma, inicialmente foram caracterizadas quatro microrregiões no estado: Araxá, Canastra, Cerrado e Serro.

A lei 14.185/02 e suas portarias ficaram conhecidas como a “mãe do queijo” e nortearam por um bom tempo as orientações que eram repassadas aos produtores rurais para adequação e legalização de suas produções.

Em 2006, é editada a portaria 818 (IMA, 2006) que trouxe o regulamento técnico de produção de Queijo Minas Artesanal, abordando a auditoria e conformidade do Queijo Minas Artesanal, normas para funcionamento dos centros de distribuição do queijo, procedimentos para coleta de amostras, parâmetros para avaliação de risco/gestão de risco, documentos e regras de rotulagem.

Já o decreto 44.864, de 1º de agosto de 2008, regulamenta as queijarias coletivas para assentamentos familiares ou grupo de produtores devidamente organizados e altera alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos do produto (MINAS GERAIS, 2008).

Em 2011, devido aos avanços alcançados e à pressão de produtores de outras regiões do estado, onde também se produzem queijos artesanais, foi promulgada a lei 19.492, que passa a garantir a produção de Queijo Minas Artesanal em todo o estado, desde que obedeça a padrões estabelecidos pela legislação. Nesse momento, o estado também passa a garantir a certificação diferenciada para as regiões tradicionalmente caracterizadas como produtoras de Queijo Minas Artesanal, para fins de proteção do patrimônio cultural (MINAS GERAIS, 2011).

No ano de 2012, devido ao reconhecimento de outros tipos de queijos artesanais em Minas Gerais, cuja relevância social, econômica e cultural também foram evidenciadas, ocorre a revogação da lei 14.185/02, passando a vigorar a lei 20.549, de 18 de dezembro de 2012. Com essa legislação são identificados como queijos artesanais de Minas Gerais: o queijo minas artesanal, o queijo meia cura, o queijo cabacinha e o requeijão artesanal, com possibilidade de regulamentar outros queijos artesanais desde que haja estudos e registros históricos deles (MINAS GERAIS, 2012).

Finalmente, em 2013, depois de apelos de produtores regularizados, especialmente das microrregiões tradicionais, e também devido

à notoriedade do Queijo Minas Artesanal em outros estados da federação, foi normatizada a portaria 1.305, de 30 de abril de 2013, aplicada somente às queijarias integrantes do Sistema Brasileiro de Inspeção de Produtos de Origem Animal (SISBI-POA) (IMA, 2013). Esse novo sistema de inspeção, ligado ao Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA) estabelece a equivalência entre os sistemas de inspeção estaduais e o federal, o que propicia aos produtores mineiros regularizados abastecer legalmente as mesas dos apreciadores do Queijo Minas Artesanal em outros estados.

Através do sistema de equivalência de inspeção foi possível a legalização de centros de distribuição e qualidade do Queijo Minas Artesanal, implantados nos municípios de Medeiros e Rio Paranaíba, que, gerenciados por grupos de produtores organizados, já realizam o comércio nacional do queijo mineiro.

Seguindo a mesma vertente, em Araxá, foi implantada a primeira queijaria individual que obteve regularização junto ao SISBI-POA e também distribui o queijo de Araxá para estados como São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná e Goiás.

O grande diferencial da portaria 1.305/13 é a diminuição do período de maturação do Queijo Minas Artesanal destinado ao comércio nacional para entre 17 e 22 dias, de acordo com a região produtora, pois até então, obedecendo à legislação federal, os queijos artesanais deveriam ser maturados por no mínimo 60 dias (BRASIL, 2000). A redução do período de maturação, além de favorecer a comercialização do produto, reflete inclusive em menores custos em relação à estrutura física das instalações, sendo também um reconhecimento da melhoria da qualidade dos queijos artesanais.

Como se vê, as leis aplicadas ao Queijo Minas Artesanal buscaram observar os pontos críticos no sistema produtivo, com objetivo de controlá-los e eliminá-los quando possível. O “saber fazer” do produtor familiar e tradicional foi mantido, uma vez que não houve alterações na tecnologia de fabricação.

Após mais de 10 anos da aprovação da primeira legislação estadual sobre queijos artesanais, diversos avanços são percebidos no setor produtivo.

Hoje, a produção de queijos artesanais é reconhecida em todo o Estado de Minas Gerais, sendo que estudos para definição de novas

áreas tradicionais continuam sendo desenvolvidos. Prova disso foi a aprovação, recentemente, das microrregiões do Campo das Vertentes (IMA, 2009) e do Triângulo Mineiro (IMA, 2014a).

Assim, identificam-se 74 municípios em Minas Gerais com identidade e tradição na produção de queijo minas artesanal, definidos após estudos realizados pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais e parceiros, e aprovados pelo Instituto Mineiro de Agropecuária. Essas regiões terão assegurados a continuidade dos processos de patrimônio cultural imaterial e até mesmo processos de identificação geográfica.

### **Queijo Minas Artesanal Araxá: renomado desde seus primórdios até hoje.**

Voltando os olhares para microrregião Araxá, podemos analisar a situação do nosso tão famoso “Queijo Araxá”.

De acordo com registros históricos da região, Araxá possui mais de dois séculos de tradição nas práticas de produção, consumo e comercialização de queijos artesanais (LIMA, 2003).

A origem de tal tradição é remetida ao século XVIII, durante o ciclo do ouro e as expedições de bandeirantes, que ao desbravarem o interior do Brasil, trouxeram para essa região os primeiros núcleos urbanos e desenvolvimento de outras atividades como a agropecuária.

A criação de gado foi favorecida pelas características da região como pastagens de campos e a água salobra, que supria a necessidade de oferecer sal mineral aos animais, fator que foi observado por naturalistas que percorreram a região, chegando a afirmar que um rebanho poderia ser aumentado em até 50% durante um ano (LIMA, 2003).

No século XIX, mesmo com já delineada vida urbana, as atividades ligadas ao meio rural ainda representavam significativa parcela da economia, chegando a haver cobrança de impostos por atividades relevantes, o que incluía a produção e comercialização de gêneros alimentícios (quitandas e derivados lácteos) (LIMA, 2003). Já no início do século XX, diversas casas comerciais que possuíam o queijo artesanal como carro chefe, estabeleceram-se na cidade de Araxá.

Inicialmente, favorecido pela existência da estrada de ferro Mogiana e em seguida com a saída diária de diversos caminhões carregados de queijos, o comércio com São Paulo se intensificou.

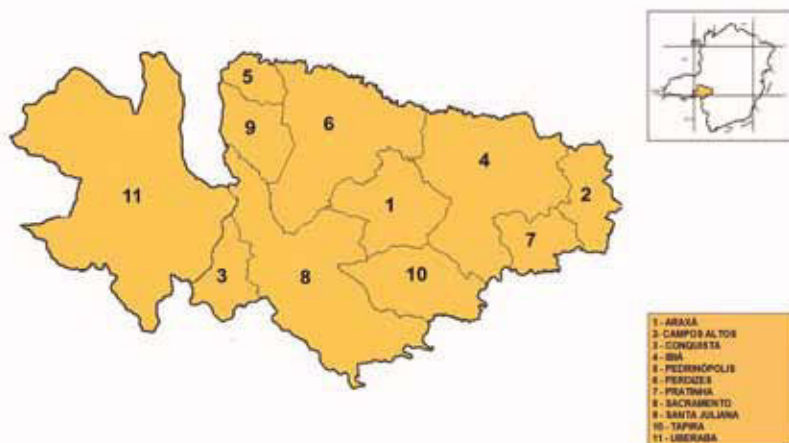
O queijo passou a ter importância inclusive no estabelecimento e manutenção de estudantes que saíam de Araxá rumo a outras cidades, funcionando como moeda de troca (LIMA, 2003).

Vale destacar que, devido às relações comerciais estabelecidas em Araxá, aqui se reuniam os queijos fabricados nas cidades vizinhas, sendo daqui embarcados, transportados e distribuídos.

Com todos esses registros fica perceptível o estabelecimento de uma cultura e tradição no quesito queijo artesanal na região de Araxá e as razões pelo reconhecimento, inclusive nacional, dessa iguaria.

O estabelecimento de indústrias de laticínios na região provocou alterações no perfil da atividade leiteira. A produção de queijos artesanais manteve-se em propriedades mais afastadas dos centros urbanos e com maior dificuldade de acesso, o que por um lado favoreceu a permanência da tradição familiar, mas também contribuiu para a dispersão geográfica das unidades produtoras, o que se verifica até os dias atuais.

Com significativa oferta aos consumidores e de importância na economia local e para sobrevivência das famílias produtoras, verificou-se a necessidade de implantar um programa de melhoria da qualidade dos queijos artesanais na região. Assim, com a lei 14.185/02, são iniciados os trabalhos para adequação da produção de queijos artesanais com segurança alimentar e definição da microrregião de Araxá (IMA, 2003; IMA, 2011) (figura 1).



**Figura 1:** Mapa demonstrando a microrregião do Queijo Minas Artesanal Araxá. Fonte: Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (2011).

De acordo com a figura 1, é possível observar que a microrregião do Queijo Minas Artesanal Araxá é composta por onze municípios, sendo: Araxá, Campos Altos, Conquista, Ibiá, Pedrinópolis, Perdizes, Pratinha, Sacramento, Santa Juliana, Tapira e Uberaba. A definição de tal área levou em consideração, como já explicitado, estudos edafoclimáticos, características intrínsecas da região, semelhança da técnica de fabricação dos queijos e também as relações políticas e comerciais estabelecidas.

Assim como nas outras microrregiões determinadas, iniciou-se no ano de 2005 um trabalho mais intenso e específico para adequar as produções de queijos artesanais, levando em consideração as leis já editadas. Tal trabalho foi possível graças à estruturação de uma equipe de profissionais específica para o atendimento de produtores de queijo artesanal, sempre composta por um profissional de ciências agrárias (médico veterinário e/ou agrônomo) e outro das ciências sociais (assistente social, pedagogo, nutricionista, entre outros), que repassam as devidas orientações às famílias rurais. As adequações necessárias, depois de concluídas permitem ao produtor cadastrado junto ao Instituto Mineiro de Agropecuária, a fabricação e comercialização legal de seus produtos dentro do estado de Minas Gerais.

De 2005 até os dias atuais, vários produtores foram identificados na microrregião de Araxá, sendo então orientados e acompanhados nos quesitos: adequações de instalações de obtenção de leite e queijaria, boas práticas agropecuárias e boas práticas de fabricação, sanidade do rebanho leiteiro, obtenção e tratamento de água de qualidade para a produção de alimentos entre outros aspectos que merecem destaque na pecuária leiteira.

Assim, dos 246 produtores de queijo minas artesanal cadastrados no Instituto Mineiro de Agropecuária, 25 são da microrregião de Araxá (IMA, 2014b). Desses, em torno de 20 produtores mantêm suas produções ativas.

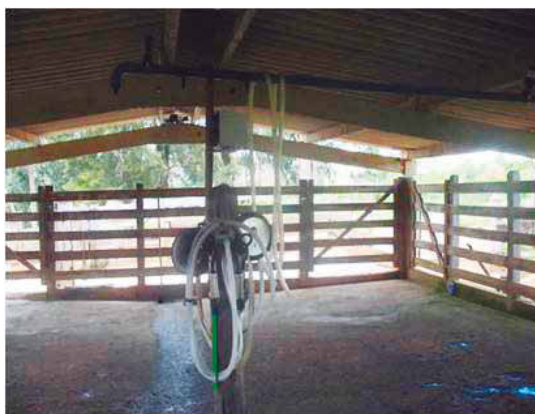
O que deve ser ressaltado é que a cada ano aumenta o número de produtores atendidos na região (142 em 2013), resultando em cadastramentos junto ao órgão oficial e, principalmente, melhorias nas condições de fabricação entre diversos produtores. Também se deve desta-

car a existência de uma associação regional dos produtores de Queijo Minas Artesanal Araxá. Esta associação foi fundada em 15 de setembro de 2006, sendo seus membros os produtores de queijos artesanais dos diversos municípios da microrregião. A formação da associação regional é uma forma de interação entre os produtores, criando um espaço para debates, troca de experiências e reivindicações pertinentes. Uma dessas reivindicações é a busca da indicação geográfica para a microrregião.

Nas figuras 2 e 3 é possível observar adequações nas estruturas de queijarias e currais, mostrando o já realizado por produtores de nossa microrregião, provando que apesar de algumas dificuldades encontradas, as melhorias são possíveis e reais, propiciando além de condições adequadas para a fabricação de alimentos, também um ambiente mais saudável para o produtor exercer suas atividades diárias. É imprescindível ressaltar que todas as adequações orientadas e propostas em uma propriedade partem do princípio básico de seguir a legislação vigente, entretanto, levam em consideração a condição e objetivos do produtor rural, sendo primordial estruturas funcionais e de acordo com a realidade local.



**Figura 2:** Queijaria adequada no município de Ibiá. Fonte: Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (2013).



**Figura 3:** Sala de ordenha e anexos adequados no município de Tapira. Fonte: Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (2010).

Uma grande conquista para a microrregião Araxá foi o registro em fevereiro de 2014 da primeira queijaria individual no Sistema Brasileiro de Inspeção de Produtos de Origem Animal (SISBI-POA) do Brasil. O registro propiciou a abertura do mercado nacional para os queijos artesanais de Araxá. Ao longo de um ano foram realizadas ampliações e melhorias das instalações já existentes na propriedade a fim de atender aos requisitos do SISBI-POA, especialmente no que diz respeito ao período de maturação dos queijos, que passa a ser de 22 dias.

Na figura 4 é possível visualizar as instalações da primeira queijaria registrada no SISBI-POA em Araxá.



**Figura 4:** Primeira queijaria individual registrada no SISBI-POA do Brasil, no município de Araxá. Fonte: Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (2014).

## E os desafios ainda continuam...

Diante do exposto, verifica-se que o trabalho com queijos artesanais em Minas Gerais e na microrregião Araxá vem se profissionalizando cada dia mais.

Apesar dos resultados já alcançados, os desafios da manutenção da atividade e sua regularização se apresentam diariamente.

A própria complexidade das adequações necessárias é uma barreira a ser vencida. Como sabido, a maior parte das explorações de leite no país está concentrada em pequenas unidades e de ordem familiar e que ainda apresentam grande gama de adequações a serem implantadas a fim de se produzir leite de melhor qualidade.

Em consequência da característica familiar na produção de queijos artesanais, verifica-se a baixa capacidade de investimentos e o alto custo das adequações necessárias. De acordo com estudo conduzido por Vicentini *et al.*, (2013), os valores para conclusão das adequações necessárias para se atingir o cadastramento junto ao órgão oficial do estado podem chegar a mais de 38 mil reais, considerando uma produção de médio porte. Esses valores podem variar bastante, dependendo especialmente de mão de obra e localização da propriedade. Assim, urge a melhoria das condições de acesso às linhas de crédito para os produtores rurais.

Ao se analisar a existência de mão de obra essencialmente familiar para a produção de queijos artesanais, observa-se um ponto de ameaça para o setor produtivo. Em diversas observações na microrregião, verifica-se um público já adulto na lida diária com queijos, sendo que em poucos casos tem havido a participação ou interesse de jovens na perpetuação da atividade. Essa observação corrobora com um estudo realizado em 37 propriedades na microrregião de Araxá, que detectou que 27% dos produtores estão há mais de 30 anos na fabricação de queijos artesanais (ARAÚJO, 2004). Quando se pensa na manutenção de uma tradição e perpetuação da cultura de um povo é de extrema importância o estímulo de jovens na atividade.

A dispersão geográfica das propriedades onde se mantém a produção de queijos artesanais é outra característica peculiar. Araújo (2004) detectou que mais de 60% das propriedades de Queijo Minas

Artesanal Araxá avaliadas se encontravam há mais de 10 quilômetros do centro urbano. Nessa condição, tem-se verificado maior dificuldade de acesso às novas informações e também à troca de experiências entre os produtores. A participação em organizações que os represente também é dificultada.

Outro fator que é analisado como um entrave para os avanços dos trabalhos com queijos artesanais é a necessidade de maior interação entre todos os órgãos públicos e oficiais ligados ao setor de queijos. Há necessidade de organização para que haja consenso nas práticas adotadas, assim como maiores investimentos na área. Há também necessidade de efetivos controles no comércio de queijos artesanais. Ações de fiscalização de caráter educativo e informação do consumidor final sobre a qualidade dos produtos são imprescindíveis, e quando realizadas surtem significativo efeito. O estabelecimento de formas de monitoramento das atividades realizadas nas propriedades é também um grande desafio.

Dessa forma, observa-se que a produção de queijos artesanais apresenta um novo perfil. A cultura de um produto tão reconhecido precisa ser mantida, no entanto técnicas para obtenção de um produto de qualidade e seguro devem andar em consonância à tradição.

Aos produtores cabe o desafio de ajustar suas produções às leis atuais, observando todos os principais aspectos. Fica também o desafio de manter um padrão de qualidade a fim de oferecer produtos seguros aos consumidores que são cada vez mais exigentes.

### **Agradecimentos:**

À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais.

Ao Instituto Mineiro de Agropecuária.

Aos coordenadores técnicos estaduais da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais.

### **Referências bibliográficas**

ALMEIDA, E., F., L.; SOARES, M., O., M. **Queijo Artesanal: alternativa de Minas Gerais para a pecuária familiar.** IN: 4º Congresso Brasileiro de Assistência Técnica e Extensão Rural – ConBATER, Anais..., Londrina, PR. p. 713-728, 2008.

ARAÚJO, R., A., B., M. **Diagnóstico socioeconômico, cultural e avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do Queijo Minas Artesanal da região de Araxá.** 2004. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Resolução nº 7, de 28 de novembro de 2000. Oficializa critérios de funcionamento e de controle da produção de queijarias, para seu relacionamento junto ao Serviço de Inspeção Federal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 2 jan. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2006. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação.** Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>>. Acesso em 18 de agosto de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da pecuária municipal 2012.** Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Pecuaria/Producao\\_da\\_Pecuaria\\_Municipal/2012/tabelas\\_pdf/tab06.pdf](http://www.ibge.gov.br/ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2012/tabelas_pdf/tab06.pdf)>. Acesso em 25 de agosto de 2014.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA (IMA). **Portaria 517, de 14 de junho de 2002.** Estabelece normas de defesa sanitária para rebanhos fornecedores de leite para produção de Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte, 2002a.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA (IMA). **Portaria 518, de 14 de junho de 2002.** Dispõe sobre requisitos básicos das instalações, materiais e equipamentos para a fabricação do Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte, 2002b.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA (IMA). **Portaria 523, de 03 de julho de 2002.** Dispõe sobre as condições higiênicas sanitárias e boas práticas na manipulação e fabricação do Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte, 2002c.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA (IMA). **Portaria 594, de 10 de junho de 2003**. Identifica a microrregião de Araxá. Belo Horizonte, 2003.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA (IMA). **Portaria 818, de 12 de dezembro de 2006**. Baixa o regulamento técnico de produção do Queijo Minas Artesanal e dá outras providências. Belo Horizonte, 2006.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA (IMA). **Portaria 1.117, de 05 de janeiro de 2011**. Inclui o município de Uberaba na microrregião de Araxá. Belo Horizonte, 2011.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA (IMA). **Portaria 1.305, de 30 de abril de 2013**. Estabelece diretrizes para a produção do Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte, 2013.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA (IMA). **Portaria 1.397, de 13 de fevereiro de 2014**. Identifica a microrregião do Triângulo Mineiro como produtora de Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte, 2014a.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA (IMA). **Produtores de Queijo Minas Artesanal**. Disponível em: <<http://www.ima.mg.gov.br/certificacao/queijo-minas-artesanal-link>>. Acesso em 24 de agosto de 2014b.

LIMA, G., T., N. **Caracterização da microrregião de Araxá como produtora tradicional de Queijo Minas Artesanal**. 35 p. Araxá, 2003.

MINAS GERAIS. Lei nº 14.185 de 31 de janeiro de 2002. Dispõe sobre o processo de produção do Queijo Minas Artesanal e dá outras providências. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 31 de jan. 2002.

MINAS GERAIS. Decreto nº 44.864, de 1º de agosto de 2008. Altera o regulamento da lei nº. 14.185, de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção do Queijo Minas Artesanal. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 1º de ago. 2008.

MINAS GERAIS. Lei nº. 19.492, de 13 de janeiro de 2011. Altera dispositivos da lei nº. 14.185, de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção do Queijo Minas Artesanal e dá outras providências. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 13 de jan., 2011.

MINAS GERAIS. Lei nº. 20.549, de 18 de dezembro de 2012. Dispõe sobre a produção e comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 18 de dez., 2012.

MORENO, V., J. **Caracterização física e físico-química do Queijo Minas Artesanal da microrregião Campo das Vertentes**. 2013. 131f. Dissertação (mestrado profissional em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados)- Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG, 2013.

TEODORO, V. A. M. *et al.* **Aspectos legais dos queijos artesanais minciros**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.34, n.273, p. 7-16, mar.\abr. 2013.

VICENTINI, N., M. *et al.* **Custo da adequação de pequenos produtores de queijos aos requisitos da legislação do estado de Minas Gerais**. Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, v. 68, nº 395, p. 5-14, Nov.\dez., 2013.

WIKIPEDIA. **Queijo São Jorge**. Disponível em: <[http://www.pt.wikipedia.org/wiki/Queijo\\_São\\_Jorge](http://www.pt.wikipedia.org/wiki/Queijo_São_Jorge)>. Acesso em 20 de agosto DE 2014.



# MOFO BRANCO DA SOJA: ESTRATÉGIAS DO MELHORAMENTO GENÉTICO CLÁSSICO

Leonardo Humberto Silva e Castro<sup>1</sup>

Rafael Tadeu de Assis<sup>2</sup>

Letícia Ane Suzuki Nociti<sup>3</sup>

## Introdução

Com o avanço da sojicultura nos tempos modernos, as restrições bióticas têm sido importantes entraves à produção dessa cultura. Após a ocorrência da ferrugem asiática da soja no Brasil em 2001, uma doença antes considerada como secundária vem preocupando as regiões produtoras da leguminosa. Esta doença é denominada por mofo branco ou podridão branca da haste.

O mofo branco, causado pelo fungo necrotrófico *Sclerotinia sclerotiorum*, é uma doença reconhecida mundialmente (BASTIEN *et al.*, 2012) e tem grande importância em muitas áreas produtoras de soja (AUCLAIR *et al.*, 2004). O patógeno se encontra distribuído mundialmente e há relatos de danos em mais de 408 espécies hospedeiras, como a soja, girassol, canola, ervilha, feijão, alfafa, fumo, tomate e batata, além de infectar plantas daninhas. O fungo produz estruturas de resistência, que recebem o nome de escleródios, os quais colonizam dentro e na superfície dos tecidos colonizados, que retornam ao solo com os restos vegetais das culturas após o período produtivo, e estes são responsáveis pela sua sobrevivência (GARCIA *et al.*, 2012).

O processo infeccioso por *S.sclerotiorum* em plantas de soja inicia-se com a colonização das pétalas senescentes das flores pelos ascósporos do fungo, que germinam sob condições ambientais favoráveis, com temperaturas frias e alta umidade. Após a presença nas flores, a

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia; Email: leonardohumbertoagro@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo; Mestre em Fitotecnia ESALQ/USP; Doutorando em Agronomia (Fitotecnia); Professor do curso de Agronomia do Centro Universitário do Planalto de Araxá- Uniaraxa. Email: rafaelassis@uniaraxa.edu.br

<sup>3</sup> Professora Dra. – Faculdade Dr Francisco Maeda e UNIFEB. Email: leticianociti@gmail.com

infecção se espalha internamente e externamente em outras partes da planta, tufos brancos de micélio são produzidos e estes se espalham pelos caules, nós e ramos, formando um cinturão, além das vagens e folhas. O resultado desta ação é a morte das plantas infectadas e perdas de rendimento em áreas de cultivo (VUONG *et al.*, 2008; CHEN; WANG, 2005; WANG *et al.*, 2010; GARCIA *et al.*, 2012).

O mofo branco é uma das mais importantes doenças na região Centro-Oeste Norte dos EUA e Brasil, países que juntos são responsáveis por mais de 60% da produção de soja no mundo (CUNHA *et al.*, 2010). Além desses países, o patógeno tem grande importância na região Sul do Canadá (GUO *et al.*, 2008), e nas terras altas, úmidas e frias do México e Guatemala (SCHWARTZ; SINGH, 2013). No Brasil, o mofo branco se encontra disseminado nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e também no Nordeste, perfazendo uma área média de seis milhões de hectares (JULIATTI *et al.*, 2013).

Na safra de 2007/2008, dentre as doenças que atacam a soja, o mofo branco foi a que mais chamou atenção, principalmente no estado de Minas Gerais, pela sua alta incidência em áreas com altitudes acima de 900 m (ZANETTI, 2009). Guo *et al.* (2008) citam que, para cada incremento de 10% na incidência da doença, a perda de rendimento é em média de 170 a 330 kg.ha<sup>-1</sup> e que, sob condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento do patógeno, este pode causar a mesma perda de rendimento que o nematoide de cisto (*Heterodera glycines* Ichinohe) e a podridão da raiz de Phytophthora.

A ocorrência inicial do mofo branco no Brasil ocasionava pequenas reboleiras em áreas de sequeiro e com baixa incidência por hectare sem causar danos significativos aos produtores de soja. A doença começou a tomar importância com a expansão do cultivo de soja no Cerrado em safras contínuas, por motivos tais como: sucessão de culturas hospedeiras do patógeno *S. sclerotiorum*; utilização de sementes contaminadas e/ou infectadas pelo micélio dormente do fungo; temperaturas abaixo de 18°C durante o período noturno e chuvas prolongadas; utilização de métodos de irrigação; mudanças no espaçamento entre plantas, além do potencial de dispersão de ascósporos de campos vizinhos infestados (JULIATTI *et al.*, 2013; WEGULO *et al.*, 1998; BOLAND; HALL, 1986).

As primeiras perdas significativas na cultura da soja causadas pelo mofo branco no Brasil aconteceram a partir do ano safra 2005/2006, mesma época em que aconteceu um grande acréscimo nas áreas de soja transgênica e o aumento do uso de fungicidas (XIMENES, 2013).

Atualmente, as áreas produtivas de soja do Brasil vêm sofrendo um grande avanço expansivo, principalmente pela abertura de novas áreas cultiváveis no Centro-Oeste e Norte do país (CONAB, 2014). A ação infecciosa do mofo branco vem atingindo sucessivamente em anos de ocorrência de chuvas acima da média, causando epidemias e danos severos à produção de grãos (ALMEIDA; SEIXAS, 2010). Sabe-se que os surtos da doença acontecem de forma esporádica, e sua ocorrência se dá devido à influência do clima úmido e temperaturas baixas no desenvolvimento da doença (DANIELSON; NELSON, 2004; BASTIEN *et al.*, 2012). Recentemente foi divulgado um levantamento sobre a ação infecciosa do fungo na cultura da soja, e estimou-se que 25% da área plantada no Brasil se encontram contaminadas por este fitopatógeno, correspondendo a cerca de seis milhões de hectares (XIMENES, 2013).

O controle do mofo branco está concentrado em práticas agrônômicas, que tem por objetivo a diminuição do inóculo e/ou manter as condições desfavoráveis para seu desenvolvimento, dando ênfase à rotação com culturas não hospedeiras, o preparo reduzido e o incremento no espaçamento entre linhas.

O controle químico da doença não gera resultados tão positivos, pelo fato de muitos tratamentos preventivos e sistêmicos serem obrigatórios, e pelos ganhos de produtividade obtidos através da aplicação de produtos químicos serem compensados, em sua maioria, pelos custos ligados ao seu uso. O controle biológico existe, incluindo os agentes *Coniothyrium minitans*, *Streptomyces lydicus* e *Trichoderma harzianum*, sendo todos eles eficazes na redução do número de escleródios (CUNHA *et al.*, 2010; BASTIEL *et al.*, 2012; GUIMARÃES; ASSIS, 2013; BASTIEL *et al.*, 2014)..

A forma mais viável de controle seria o uso de cultivares resistentes e este é um objetivo de grande importância para os programas de melhoramento da soja. Porém, estudos demonstram que a resistência pelo fungo *S. sclerotiorum* é geneticamente complexa, tem baixa herdabilidade e está restrita A poucas linhas que apresentaram resistência

parcial, por serem incompletas. A verdadeira resistência de campo pode ser composta de resistência fisiológica e mecanismos de escape do patógeno (BASTIEN *et al.*, 2014; HUYNH *et al.*, 2010; CUNHA *et al.*, 2010; VUONG; HARTMAN, 2003).

Algumas cultivares de soja já apresentaram resistência parcial ao patógeno, porém estas fontes de resistência ainda não conseguem impedir por inteiro a perda de rendimento (HOFFMAN *et al.*, 1998; YANG *et al.*, 1999).

A dificuldade de identificar a resistência ao mofo branco no campo existe pelo fato de mecanismos de resistência do fungo atrapalharem na análise gênica. Existem vários trabalhos conduzidos em ambiente protegido e triagem laboratorial para evitar este problema. Porém, a correlação entre os resultados de campo, de laboratório e de estufa é pequena. Sabe-se que o *S. sclerotiorum* é sensível à temperatura e umidade, porém a sensibilidade ambiental da interação patógeno-hospedeiro é pouco conhecida (PENNYPACKER; RISIUS, 1999).

Fontes de resistência são importantes no processo de melhoramento genético para resistência às doenças. Estas fontes podem ser adquiridas através de cultivares adaptadas, cultivares de regiões semelhantes e/ou diferentes, espécies silvestres ou compatíveis e a transgenia. No germoplasma atualmente avaliado já foram identificadas fontes de resistência nacionais e internacionais. Dentre elas estão: M-SOY 6101, a linhagem da empresa Monsanto A4725RG, EMGOPA 313, PI 153-282, M-SOY 8360, BRS 185, BR 16, BRS Milena, EMGOPA 315, BRS Baliza RR, EMGOPA 316, BRSGO Princesa, além de cultivares moderadamente resistentes como as: CD 211, CD 205, P98R31, FMT Perdiz, BRSMG 790 A, BRSMG 68 (Vencedora), M-SOY 2002, EMGOPA 314, BRSGO Caiapônia (JULIATTI; JULIATTI, 2010).

### **Avaliação e métodos de avaliação da resistência da soja a *S. sclerotiorum***

Os melhores e mais indicados métodos de avaliação da resistência da soja a *S. sclerotiorum* são o de inoculação em folha destacada e inoculação com ferimento em hastes de plantas de soja. Antes de qualquer processo de avaliação da resistência deve ser escolhido o melhor método para obtenção de isolados de *S. sclerotiorum*. Uma forma

altamente utilizada e eficiente para a obtenção de isolados do patógeno é a utilização de meio contendo batata, dextrose e ágar (BDA). A metodologia empregada para tal procedimento seguem as seguintes etapas, segundo Sagata (2010):

- Desinfestação dos escleródios em álcool 50% e hipoclorito de sódio a 0,5% diluída em água destilada estéril, respeitando um tempo de 30 e 60 segundos;
- Enxague dos escleródios em água estéril e disposição dos mesmos em placa de Petri contendo o meio BDA;
- Incubação das placas de Petri a uma temperatura de  $22 \pm 3^{\circ}\text{C}$  e fotoperíodo de 12 horas para que aconteça a germinação miceliogênica; e
- Corte de discos de BDA com micélios de *S. sclerotiorum*.

### **Método de inoculação em folha destacada**

Este procedimento inicia-se com o cultivo de plantas de soja em condições de casa-de-vegetação. Quando as plantas atingirem o estágio fenológico V3, devem ser escolhidos o folíolo de três plantas escolhidas aleatoriamente e correspondentes ao 2º trifólio, coletado e levado ao laboratório para a montagem do experimento.

Os folíolos destacados serão colocados em caixas de gerbox de forma separada com quatro folhas de papel umedecidas em água destilada estéril. Antes de proceder à inoculação, os folíolos devem ser borrifados com água e, a seguir, estes receberão um disco de micélio de 6 mm com cinco dias de idade. Após este procedimento, as caixas de gerbox contendo os folíolos serão incubadas a uma temperatura de  $22 \pm 3^{\circ}\text{C}$  e fotoperíodo de 12 horas, por 72 horas (SAGATA, 2010).

Após quatro dias da inoculação, os genótipos serão classificados em imunes (ausência da doença), resistentes (R= 0 a 11%), moderadamente resistentes (MR= 12 a 24%), moderadamente suscetíveis (MS= 25 a 50%) e suscetíveis (S> 50%) (GARCIA, 2008).

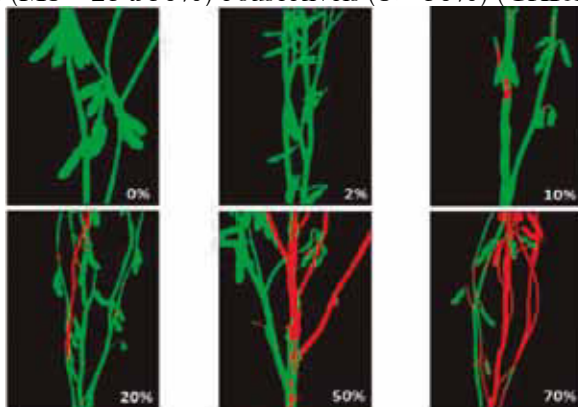


**Figura 1:** Escala diagramática proposta para avaliação de *Sclerotinia sclerotiorum* em folhas inoculadas de plantas de soja (GARCIA, 2008)

### Método de inoculação com ferimento em hastes de plantas de soja

Para tal procedimento, o processo inicial é semelhante ao anterior em condições de casa-de-vegetação. A inoculação é realizada com o auxílio de um estilete, fazendo ferimentos entre o 2-3º internódio das plantas e, logo após, será feita a inoculação com disco de micélio de 6 mm de diâmetro e cinco dias de idade, fixados por fita adesiva de durex no local do ferimento.

A avaliação é realizada medindo o tamanho da lesão causada por *S. sclerotiorum* após quatro dias após a inoculação (SAGATA, 2010). Além da avaliação do tamanho da lesão, 21 DAI, deve ser quantificado o número de escleródios de cada planta inoculada. Os genótipos são classificados em imunes (ausência da doença), resistentes (R= 0 a 11%), moderadamente resistentes (MR= 12 a 24%), moderadamente suscetíveis (MS= 25 a 50%) e suscetíveis (S> 50%) (GARCIA, 2008).



**Figura 2:** Escala diagramática proposta para avaliações da severidade de mofo branco ou podridão branca da haste da soja (JULIATTI *et al.* 2013)

## Estratégias clássicas para a resistência a *S. sclerotiorum*

As estratégias de melhoramento variam de acordo com a espécie do hospedeiro, seguidas dos danos econômicos ocasionados pelo patógeno, as fontes de germoplasma resistente, o mérito agrícola da fonte de resistência, a complexidade da herança de resistência, a facilidade de manipulação do patógeno, a perspectiva da durabilidade da resistência e a frequência, prevalência e distribuição de raças fisiológicas na região (BOREM; MIRANDA, 2013). Quanto ao melhoramento genético clássico, que sofre forte influência do ambiente, podem ser destacados, em relação à cultura da soja, os seguintes métodos:

### *Método Genealógico ou Método do “Pedigree”*

O método Genealógico ou do “Pedigree”, de acordo com Bueno; Mendes; Carvalho (2006), se caracteriza pela seleção de genótipos em gerações segregantes, buscando manter os dados relacionados entre os genitores e sua descendência. Na primeira geração, os genótipos apresentam alta taxa de heterozigose, sendo esta proporção maior em relação aos diferentes genitores. Porém, esta taxa não é máxima por poder haver locos em homozigose, com alelos idênticos.

Na geração  $F_2$  é iniciado o processo de seleção, em que a maioria das plantas segregará para vários genes, sendo os indivíduos dessa geração diferentes entre si. Atingida a homozigose é que os caracteres das famílias começarão a se manifestar. A homozigose estará presente na maioria dos locos quando os genótipos estiverem nas gerações  $F_5$  ou  $F_6$  e, devido a isto, a seleção é direcionada entre famílias. Se as famílias forem muito semelhantes, pela sua descendência, poderá ocorrer muita semelhança entre os indivíduos, neste caso devem ser selecionadas as melhores plantas e eliminar outras.

Após a seleção entre família até a geração  $F_7$ , devem ser realizadas avaliações quanto à qualidade e ensaios comparativos, para posteriormente procederem a ensaios regionais, incluindo cultivares comerciais como testemunhas. Também se iniciam, após este período, ensaios em diversos locais, em três ou quatro safras agrícolas, em que serão avaliados o ciclo cultural, resistência ao acamamento, à degrana e outras características importantes. E, ao final, as melhores linhagens podem ser lançadas como novas variedades.

De acordo com Bueno; Mendes; Carvalho (2006), o método da população se difere meritoriamente em relação ao genealógico por ser colhido um maior número de sementes das plantas selecionadas após o procedimento. O processo se inicia com o plantio dos genótipos selecionados em uma grande extensão de área, conforme a disponibilidade de sementes da geração  $F_2$ . Deve-se evitar durante o processo de semeadura um espaçamento alto, para que não aconteça competição entre genótipos heterozigotos em relação aos homozigotos, uma vez que estes são menos vigorosos.

O procedimento segue o mesmo padrão até a geração F6 ou F7, cujo grau de homozigose é consideravelmente alto. O objetivo da seleção dos genótipos durante as primeiras gerações é direcionado para caracteres de alta herdabilidade, como por exemplo, o porte e arquitetura das plantas. Nas gerações mais avançadas, devem-se selecionar plantas de forma individual e direcionar ensaios para avaliação de suas progênes. Estes ensaios devem ser inicialmente preliminares e, posteriormente, deve-se aumentar o número de locais e repetições, com o intuito de selecionar as melhores linhagens. Após estes procedimentos, a condução da população segue as orientações descritas no método genealógico.

### *Retrocruzamentos*

O retrocruzamento é um método altamente preciso do ponto de vista genético, porém deve-se considerá-lo como uma ferramenta complementar a outros métodos clássicos de melhoramento genético, com o intuito de elevar a frequência de genes de interesse. A maior indicação desta metodologia é para a introgressão de genes maiores em genótipos suscetíveis, com outras palavras, resistência vertical.

O método de retrocruzamentos consiste na utilização de dois genitores, um recorrente, em que geralmente é empregada uma cultivar adaptada às condições edafoclimáticas e produtiva, mas com alguma característica indesejada, ou seja, a suscetibilidade à doença; o outro genitor é o doador, que carrega o alelo da característica de interesse. A quantidade de retrocruzamentos necessários para máxima transferência

da característica para o receptor requer a obtenção de uma população mais próxima do parental recorrente, do mérito agrônomico do parental doador, da capacidade de seleção das características semelhantes entre o recorrente e o doador (BORÉM; MIRANDA, 2013).

### *Piramidação de genes*

A piramidação de genes consiste na introgressão de vários genes de resistência vertical ao patógeno em um único genótipo, que consiste na transferência dos genes em programas independentes, posteriormente, deve promover a combinação destes em um único indivíduo ao final do programa. Este método é empregado aliado aos retrocruzamentos para acelerar o processo de introgressão dos genes de interesse.

As vantagens deste procedimento são que ele é superior, quando comparado a cultivares com resistência para uma única raça, pelo fato de possibilitar o cultivo dos genótipos provenientes deste em diferentes regiões em que as diferentes raças costumam provocar danos, e também é superior ao se comparar com cultivares multilinhas, pelo fato de possibilitar a obtenção de genótipos com melhor performance agrônômica, por não misturar vários fenótipos.

Já as desvantagens estão ligadas à dificuldade de procederem retrocruzamentos, por requerer a inoculação de isolados das várias raças do patógeno, o que dificulta a avaliação e identificação da raça que causou os danos, bem como o aumento da possibilidade de “super raças” (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2006).

### *Multilinhas*

O procedimento de multilinhas consiste na mistura de linhagens com idênticas características agrônomicas, principalmente as ligadas à resistência ao patógeno, mas que diferem entre si em genes fortes de resistência vertical. Esta é uma alternativa utilizada para a minimização de perdas decorrentes de doenças causadas pela diversidade de raças fisiológicas, cuja prevalência se modifica de ano para ano, isto pelo fato de estar ligada também às mudanças no ambiente.

Em uma multilinha as doenças podem apresentar maior frequência do que em linhas puras, porém as perdas neste método são menores, em decorrência do efeito protetor da mistura de genótipos. A proteção

causada pelos genótipos resistentes nas multilinhas barra a infecção de esporos provenientes de plantas suscetíveis e este fato dificulta a concentração e dispersão inicial do patógeno.

A vantagem do emprego de multilinhas é que esta metodologia permite obter um genótipo com resistência a várias raças ao mesmo tempo. Já as desvantagens são a dificuldade de fazer um genótipo composto por vários outros com os mesmos padrões agronômicos, a possibilidade do surgimento de novas raças de patógenos altamente virulentos e a quebra da resistência em apenas um dos genótipos, o que já irá comprometer a produtividade (BORÉM; MIRANDA, 2013).

### Considerações finais

O mofo branco pode ser a mais importante doença da atualidade, podendo estar na frente da ferrugem asiática, pelo fato do manejo da segunda já estar consolidado e o do fungo *S. sclerotiorum* ainda deve ser aprimorado. É importante lembrar que o Mofo Branco é uma doença de alto poder destrutivo e capaz de causar grandes prejuízos às culturas de importância econômica. Se o Mofo Branco não for bem manejado, a simples planta com sintoma de ataque hoje será a reboleira da próxima safra, que levará à alta pressão de inóculo do solo após alguns anos e pode levar à inviabilização econômica da área para exploração de culturas hospedeiras.

Novas metodologias, sobretudo no que diz respeito ao melhoramento genético, devem ser estudadas para levar a uma melhor compreensão das interações patógeno x hospedeiro. O sucesso do manejo dessa doença está na adoção e correta utilização ao máximo possível dessas ferramentas.

### Referências bibliográficas

AUCLAIR, J. *et al.* 2004. Genetic interactions between *Glycine max* and *Sclerotinia sclerotiorum* using a straw inoculation method. **Plant Disease**, 88(8):891-564.

BASTIEN, M. *et al.* 2012. A reproducible assay for measuring partial resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Plant Science**, 92(1):279-288.

- BASTIEN, M. *et al.* 2014. Genome wide association mapping of *Sclerotinia sclerotiorum* resistance in soybean with a genotyping-by-sequencing approach. **The Plant Genome**, 7(1):1-13.
- BOLAND, G.J.; HALL, R. 1986. Growthroom evaluation of soybean cultivars for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Plant Science**, 66(1):556-564.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. 2013. Melhoria de plantas. 6. ed. **Viçosa: Universidade Federal de Viçosa**, 523p.
- BUENO, L.C.S.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, S.P. 2006. Melhoria genética de plantas: princípios e procedimentos. 2. ed. **Lavras: Universidade Federal de Lavras**, 319p.
- CHEN, Y.; WANG, D. 2005. Two convenient methods to evaluate soybean for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, 89(12):1268-1272.
- CUNHA, W.G. *et al.* 2010. High resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in transgenic soybean plants transformed to express and oxalate decarboxylase gene. **Plant Pathology**, 59(1):654-660.
- DANIELSON, G. A.; NELSON, B. D. 2004. Effect of *Sclerotinia* stem rot on yield of soybean inoculated at different growth stages. **Plant Disease**, 88(3):297-300.
- GARCIA, R. A. **Produção de inóculo, efeito de extratos vegetais e de fungicidas e reação de genótipos de soja à *Sclerotinia sclerotiorum***. UFU, Uberlândia, 2008, 154p. (Dissertação de Mestrado).
- GUIMARÃES, S. E.; ASSIS, R. T. utilização de trichoderma no manejo do mofo branco (*sclerotinia sclerotiorum*). In: SILVA, J. C.; SILVA, A. A. S. ASSIS, R. T (org.) **Sustentabilidade e Inovações no Campo**. Uberlândia: Composer, 2013. p. 161-173.
- GUO, X. *et al.* 2008; Genetic mapping of QTLs underlying partial resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean PI 391589A and PI 391589B. **Crop Science**, 48(1):1129-1139.
- HOFFMAN, D.D.; HARTMAN, G.L.; MUELLER, D.S.; LEITZ, R.A.; NICKELL, C.D.; PEDERSEN, W.L. 1998. Yield and seed

quality of soybean cultivars infected with *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, 82:826-829.

HUYNH, T. T. *et al.* 2010. Identification of QTLs Associated with Partial Resistance to White Mold in Soybean Using Field-Based Inoculation. **Crop Science**, 50:969-979.

JULIATTI, F.C. *et al.* 2013. Escala diagramática para avaliação da severidade de mofo branco em soja. **Bioscience Journal**, 29(3):676-680.

JULIATTI, F.C. *et al.* 2013. Reação de genótipos de soja transgênicos e convencionais à podridão branca da haste. **Bioscience Journal**, 29(4):921-931.

JULIATTI, Fernando Cesar; JULIATTI, Fa. C. . **Podridão branca da haste da soja: Manejo e uso de fungicidas em busca da sustentabilidade nos sistemas de produção**. Uberlândia: Composer, 2010. v. 2000. 35p.

PENNYPACKER, B. W.; RISIUS, M. L. 1999. Environmental sensitivity of soybean cultivar response to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, 89(8):618-622.

SAGATA, É. **Métodos de inoculação e avaliação da resistência de genótipos de soja à *Sclerotinia sclerotiorum***. UFU, Uberlândia, 2010. 74p. (Dissertação de Mestrado).

SCHWARTZ, H.F.; SINGH, S.P. 2013. Breeding. common bean for resistance to white mold: a review. **Crop Science**, 53(1):1832-1844.

VUONG, T.D. *et al.* 2008. Identification of QTL for resistance to sclerotinia stem rot in soybean plant introduction 194639. **Crop Science**, 48(1):2209-2214.

VUONG, T.D.; HARTMAN, G.L. 2013. Evaluation of soybean resistance to *Sclerotinia* stem rot using reciprocal grafting. **Plant Disease**, v.87(2):154-158.

WANG, Jia-lin. *et al.* 2010. An integrated QTL map of fungal disease resistance in soybean (*Glycine max* L. Merr): a method of meta-analysis for mining R gene. **Agricultural Sciences in China**, 9(2):223-232.

WEGULO, S.N. *et al.* 1998. Soybean cultivar responses to *Sclerotinia sclerotiorum* in field and controlled environment studies. **Plant Disease**, 82(11):1264-1270.

XIMENES, L.R. **Importância e manejo de *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo branco) nos cultivos de feijão e soja.** 2013. 136 f. Dissertação (mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013 YANG, X. B.; LUNDEEN, P.; UPHOFF, M. D. 1998. Soybean varietal response and yield loss caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, 83(1):456-461, 1999.

YOUNG, R.A.; KELLY, J.D. 1996. Characterization of the genetic resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean differential cultivars. **Plant Disease**, Saint Paul, 80(6):650-654.

ZANETTI, A.L. Relatos por estado sobre o comportamento da cultura de soja na safra 2007/2008: Minas Gerais. In: REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 30, 2009. **Ata...** Londrina, EMBRAPA-Soja, 2009. Sessão 2.3, p. 24. Londrina: Embrapa Soja, 350 p., 2009.



## AMIDO DE BATATA: SUBPRODUTO DA INDÚSTRIA DE BATATA PRÉ-FRITA CONGELADA

*Katia Cristina Sanchez Botelho<sup>1</sup>*

A batata (*Solanum Tuberosum L.*) é originária dos Andes peruanos e bolivianos, onde é cultivada há mais de 7000 anos. Embora sua origem esteja na América do Sul, foram os europeus que difundiram a batata no Brasil durante a colonização. Inicialmente cultivada em hortas familiares, com o crescimento populacional e a inserção de novas culturas, o cultivo tornou-se mais comum. A batata passou a ser conhecida como “batata inglesa” durante a construção de ferrovias, pois era uma exigência no cardápio dos técnicos Ingleses. Acredita-se que a batata difundiu-se rapidamente devido ao seu valor energético e por possuir sabor e cheiro pouco acentuado, o que possibilita combinar-se com diversos pratos nas formas de purê, cozida, assada e principalmente frita (ABBA, 2014).

Com a redução no número de membros das famílias e a maior participação da mulher no mercado de trabalho houve uma alteração no perfil da dona de casa. Agora ela necessita de passar menos tempo na cozinha e muitas vezes tem ajuda de membros da família que não possuem muitas habilidades culinárias. Consequentemente, importantes mudanças nos hábitos alimentares das famílias brasileiras têm sido observadas. E a principal é um aumento no consumo de alimentos prontos ou semiprontos, mais práticos e de fácil preparo.

Acompanhando esta tendência, a partir da década de 90, a industrialização da batata cresceu. Primeiro com a fabricação de batata frita em rodela (chips), depois na forma de batata palha e fécula. E a partir de 2006, a industrialização na forma de batata palito pré-frita congelada, visando diminuir a importação deste produto que, em 2010, foi de cerca de 200 mil toneladas. A Fig. 1 exemplifica os produtos industrializados de batata mencionados. Atualmente, a batata industrializada atinge 30% do produto consumido (PEREIRA, 2011).

---

<sup>1</sup> Química. Centro Universitário do Planalto de Araxá – UNIARAXÁ. Araxá, MG. E-mail: katiabotelho@uniaraxa.edu.br



**Figura 1.** Industrialização da batata: da esquerda para direita, batata chips, batata palha, fécula e batata pré-frita congelada. Fonte: Google, 2014.

Até 2006, estimava-se que 98% das batatas pré-fritas congeladas consumidas no Brasil eram fabricadas no exterior e o restante produzido no Brasil de forma artesanal. Com a implantação desse segmento industrial no Brasil, a participação nacional aumentou em aproximadamente 26% em 2012. E o consumo brasileiro passou de 50.000 para 340.000 toneladas por ano (RAMOS *et al.*, 2013).

Além do mercado doméstico, a batata palito pré-frita congelada também é atraente para as empresas do ramo *food service*, que querem diminuir o espaço de armazenamento e diminuir gastos com mão de obra e tempo de padronização e preparo dos pratos. Esse produto é amplamente utilizado nas redes de *fast food*, acompanhando sanduíches e pratos rápidos, o que favorece ainda mais seu consumo (RAMOS *et al.*, 2013).

### **Processo de produção de batata pré-frita congelada**

Quando compramos um pacote de batata pré-frita congelada no supermercado não costumamos pensar no processo que ocorreu até a chegada desse produto naquela gôndola. Porém, é uma tendência mundial começarmos a nos preocupar com os destinos das embalagens dos produtos que consumimos e saber como se comporta ambientalmente a empresa que o produziu. Assim, cada vez mais as empresas vêm investindo em tecnologia para otimização de processo, destinação correta dos resíduos gerados e em pesquisas que visam ao aproveitamento de subprodutos.

O processamento de batatas pré-fritas congeladas pode ser resumido pelo esquema apresentado na figura 2. Embora seja sugestivo pensar que o processo começa somente quando a matéria-prima chega na indústria, no caso do processamento de fritas, inicia-se no campo

com a seleção da batata semente. Após escolhida a variedade adequada, vem o cuidado na hora do plantio e crescimento, etapa que dura entre 120 e 140 dias. Após esta etapa inicia-se o período de colheita e beneficiamento da matéria-prima que ocorre ainda no campo em unidades de beneficiamento móveis e/ou fixas. Nesta etapa, a batata ainda com casca é lavada e selecionada para atingir a especificação técnica da indústria.



**Figura 2.** Processo de produção de batatas pré-fritas congeladas. Fonte: *Mc Cain*, 2014.

A partir da quinta etapa os processos ocorrem na indústria. Na etapa de descascamento é retirada somente a pele da batata. Podem ser utilizados processos abrasivos, químicos e abrasivos ou físico-químicos. Em grandes indústrias, geralmente é utilizado o processo físico-químico, as batatas são submetidas a uma descarga de vapor que faz com que a pele da batata inche e solte. Esguichos de água e escovas macias removem a pele solta minimizando assim a perda de massa durante o processo de descascamento (BOTELHO, 2008).

O corte em palitos é a sexta etapa do processo. Geralmente, é empregado sistema hídrico para possibilitar a retirada de amido através da utilização de hidrociclones. A próxima etapa consiste em selecionar

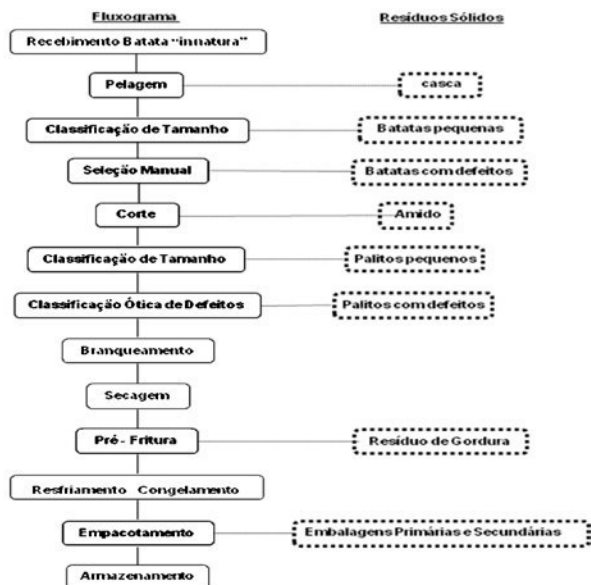
o tamanho dos palitos e remover aqueles que estão com defeitos para atender à especificação técnica do produto final. Para a batata ficar crocante e fritar rapidinho na nossa casa, são utilizados um processo de secagem e pré-fritura, e após inicia-se o processo de congelamento que será responsável por conservar a batata. Depois de congelada individualmente, os palitos de batatas são embalados e distribuídos, sempre mantendo a cadeia do frio até chegar às gôndolas de supermercados e posteriormente a mesa do consumidor (BOTELHO, 2008).

Durante o processamento de batatas pré-fritas congeladas ocorre geração de resíduos sólidos e líquidos. O fluxograma abaixo (Fig. 3) evidencia os pontos onde são gerados os principais resíduos sólidos: casca, batatas inteiras fora dos padrões de qualidade, amido, palitos fora dos padrões de qualidade, resíduos de gordura e embalagens primárias (plásticos) e secundárias (papelão).

Num primeiro momento pode-se sugerir que os resíduos orgânicos (casca, matéria-prima e palitos fora dos padrões de qualidade e amido) sejam direcionados a compostagem; os resíduos de gordura à fabricação de biodiesel ou sabão; e os resíduos inorgânicos (embalagens) para a reciclagem, por exemplo. Porém, para garantir a correta escolha do meio de disposição ou aproveitamento de um resíduo deve ser realizada sua caracterização e analisada a relação custo-benefício.

Algumas aplicações encontradas na internet são inusitadas, como por exemplo, a utilização de gaze feita com casca de batata para cura de queimaduras (SAÚDE EM MOVIMENTO, 2014). Neste caso, o benefício vem do amido presente na casca, que atua como um selo da pele e impede a perda de proteínas contribuindo para a cura da região queimada. Ainda, em contrapartida, apresenta outros benefícios como não grudar na pele, o que possibilita a retirada sem dor, e o custo é mais barato e eficiente que outros medicamentos.

A matéria-prima fora dos padrões de qualidade para linha de batatas pré-fritas congeladas, por exemplo, batatas pequenas, palitos com defeitos e pequenos, podem ser aproveitadas para produzir flocos de batata, desde que a utilização seja imediata. Na linha de flocos desidratados de batatas, a forma não é importante, pois a batata vira uma massa e os defeitos podem ser removidos durante o processo de secagem (BOTELHO, 2008).



**Figura 03.** Fluxograma resumido do processamento de batata palito pré-fritas congelada. Fonte: Bem Brasil Alimentos, 2008.

Entre os resíduos gerados durante o processamento de batatas pré-fritas congeladas, tem um que vem chamando a atenção dos pesquisadores: o amido. Devido ao baixo custo, a abundância e alta aplicabilidade, vários setores requerem o uso do amido, como por exemplo, o agroalimentar, papelero, químico, têxtil e etc (SILVA, *et al*, 2007).

Entre as aplicações destaca-se a utilização de amido na elaboração de materiais biodegradáveis – amido termoplástico (TPS) (Ó, 2012). O plástico tem substituído o uso de muitos materiais convencionais, como madeira, metal e vidro, pois oferecem resistência e elasticidade. E suas propriedades podem ser controladas e moldadas em um grau bem mais alto do que geralmente é possível nos metais, por exemplo. Aditivos com efeito mecânico, pigmentos para alterar a coloração, agentes antiestático, retardadores de chama e estabilizadores de luz e calor podem ser incluídos no material para controlar ainda mais as propriedades poliméricas (BROWN, 2010). Entretanto, a baixa permeabilidade ao vapor de água e o fato da decomposição ser muito lenta, mais de 400 anos têm gerado muitos problemas ambientais (MMA, 2014).

Na perspectiva de desenvolvimento sustentável os pesquisadores e indústrias estão à procura de polímeros biodegradáveis de baixo custo, e neste caso a utilização do amido é totalmente indicado.

### **Amido de batata**

O amido é constituído por uma mistura de dois polissacarídeos: amilose (poli- $\alpha$ -1,4-d-glucana) e amilopectina (poli- $\alpha$ -1,4-d-glucana e  $\alpha$ -1,6-d-glucana). As proporções entre os polissacarídeos variam entre diferentes espécies vegetais e na mesma espécie varia de acordo com o grau de maturação. O amido de batata apresenta em média cerca de 20% de amilose e 80% de amilopectina. As proporções de amilose e amilopectina influenciam na viscosidade e no poder de gelificação do amido (BRITO, 2013).

Quando o amido entra em contato com a água ocorre a formação de pontes de hidrogênio entre as moléculas de água e os grupos hidroxilas do amido, conseqüentemente, os grãos de amido nativo incham mantendo sua ordem e cristalinidade. Quando os grãos inchados são submetidos ao aquecimento, temos a gelatinização do amido. Após a gelatinização, as moléculas de amilose, por serem linear, se orientam paralelamente formando pontes de hidrogênio intermoleculares, processo conhecido como retrogradação do amido. A retrogradação resulta na redução de volume, aumento da firmeza do gel e sinérese, o que explica a formação de filmes estáveis e flexíveis pelo amido gelatinizado (MENDES, 2009).

O amido pode ser processado por métodos convencionais, como os demais polímeros. Porém, apresentam limitações mecânicas e baixa resistência à umidade, fatores que desfavorecem o seu uso em alguns setores. Os derivados deste produto possuem alta permeabilidade à umidade e degradam rapidamente. Assim modificação química e o desenvolvimento de misturas e compósitos/nanocompósitos surgem como soluções para o desenvolvimento desses materiais.

Nanocompósitos poliméricos de amido preparados com diferentes tipos de nanocargas apresentam modificações nas propriedades mecânicas, térmicas e barreira de água. O nanocompósito de amido/montmorilonita e amido/sílica, obtido através da técnica de intercalação por solução gerou materiais com boa dispersão e distribuição das nanopartículas, com um ligeiro aumento na estabilidade térmica da matriz polimérica (BRITO, 2013).

Mistura de amido com outros materiais tem sido estudada para desenvolvimento de biofilmes comestíveis ou degradáveis biologicamente. A função dos filmes é inibir ou reduzir a perda de água, oxigênio, dióxido de carbono, lipídios, aromas, ou seja, formar barreiras semipermeáveis. Podem ser utilizados também como veículo de adsorção de ingredientes alimentícios como antioxidantes e antimicrobianos, aumentando o tempo de vida de prateleiras dos alimentos.

Os filmes à base de amido apresentam boas propriedades mecânicas e excelente propriedade de barreira ao oxigênio. Filmes de gelatina e amido de batata, utilizando como plastificante o sorbitol, foram utilizados como cobertura de uva Crimson. Sensorialmente, as uvas cobertas obtiveram aceitação igual ou superior que o controle quanto à aparência global, brilho, cor e intenção de compra. Em relação à degustação das uvas, não houve influência no aroma, sabor e textura das frutas, sendo aceitas pelo consumidor (FAKHOURI *et al.*, 2007).

As propriedades físicas dos biofilmes dependem da fonte de matéria renovável e quantidade de amido no gel. Quando comparados filmes produzidos a partir de amido de mandioca, milho e batata, o amido de batata forma filmes com pouca diferença de cor em relação ao de mandioca. Ou seja, é adequado para ser usado como cobertura, pois embora apresente uma opacidade característica da desorganização dos grânulos de amido, o filme é translúcido o suficiente para não modificar a coloração aparente da fruta. Foi observado também que o ângulo de contato diminui com o aumento da concentração de amido no gel. Uma maior concentração de amido proporciona uma matriz amilácea com maior número de grupos hidrofílicos, conseqüentemente, ocorre uma maior interação com a água. Então, o biofilme pode ser removido quando a fruta for lavada antes do consumo (SILVA, *et al.*, 2007).

### **Amido Termoplástico – TPS**

O amido não é um verdadeiro termoplástico, mas na presença de um plastificante (água, glicerina, sorbitol, etc), altas temperaturas e cisalhamento, ele derrete e flui, permitindo seu uso em equipamentos de injeção, extrusão e sopro, formando embalagens e objetos biodegradáveis. Ou seja, para obter um amido termoplástico é necessário que o amido perca sua estrutura granular semicristalina e adquira comportamento similar ao de um termoplástico derretido (MENDES, 2009).

Um termoplástico derrete ou deforma com o aquecimento, permitindo formatações complicadas, mas uma vez resfriado, o polímero se solidifica e recupera suas propriedades estruturais. Isso é possível porque suas cadeias interagem apenas por meio de forças intermoleculares (BROWN, 2010).

## **Bioplástico no mercado**

A falta de matéria-prima e o aumento do preço do petróleo têm criado uma lacuna no fornecimento de plástico sintético para o mercado, abrindo espaço para a entrada do bioplástico. Nos últimos anos, os bioplásticos saíram das bancadas de laboratório e começaram a ser produzidos industrialmente, principalmente no segmento de embalagens. A utilização de uma bioembalagem agrega valor ao produto e aumenta a confiança dos consumidores que cada vez mais estão atentos às questões ambientais.

As primeiras embalagens a serem substituídas foram as sacolas de compras. Hoje existem os mais variados tipos, desde vasos de plantas até interiores de automóveis e aparelhos eletrônicos. A vantagem na utilização de bioplástico está no tempo de decomposição, por exemplo, uma sacola de plástico convencional demora 540 anos para se decompor, a equivalente biodegradável leva cerca de um ano (SECOM, 2007).

A empresa Biomater Bioplásticos em parceria com a Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), e outras instituições e empresas, dedicou-se nos últimos anos à pesquisa e desenvolvimento, produção, certificação e comercialização de uma nova classe de materiais à base de matérias-primas renováveis, denominados plásticos biodegradáveis compostáveis. As resinas por eles fabricadas (BIOPLAST) são bioplásticos produzidos a partir de fontes renováveis que contêm alto teor de polímeros obtidos de fontes biológicas, tais como fécula de batata. Elas podem ser processadas em equipamentos convencionais, e transformadas em filmes, chapas, moldes e injeção. Os produtos elaborados a partir desta resina são 100% biodegradáveis e compostáveis, na presença de água, dióxido de carbono gasoso e biomassa, vão se desintegrar (Fig.4). Eles também fabricam um termoplástico sem plastificante que contém amido de batata natural. É adequado para o processamento por extrusão de filme soprado.

A ausência de plastificante permite fácil processo formando produtos estáveis, consistentes, com excelente vida útil, mas que se biodegrada rapidamente quando em contato com ambiente de compostagem. (BIOMATER, 2014).



**Figura 4.** Decomposição de bioplástico no meio ambiente. Fonte: BIOMATER, 2014.

Embora já se encontrem resinas provenientes de amido de batata no mercado brasileiro, ainda há inúmeras possibilidades de estudo e desenvolvimento nesta área. Fator este que torna o amido residual do processamento de batata pré-frita congelada um subproduto importante comercialmente e uma fonte de estudo inesgotável.

### Referências bibliográficas

ABBA, 2014. Associação Brasileira da Batata. Disponível em: <http://www.abbatatabrasileira.com.br/>. Acesso em 11 de julho de 2014.

BIOMATER, 2014. Biomater – Bioplástico do Brasil. Disponível em: <http://www.biomater.com.br/>. Acesso em 21 de julho de 2014.

BOTELHO, K.C.S.. Aproveitamento de resíduos sólidos e subprodutos da indústria de batatas pré-fritas congeladas, 2008, 41f. Monografia (Especialização em Controle de Qualidade na Indústria de Alimentos) – Faculdades Associadas de Uberaba – FAZU, Uberaba, 2008.

BRITO, L. M.; TAVARES, M. I. B. Desenvolvimento de nanocompósitos à base de amido de batata. **Polímeros**, vol. 23, n. 6, p. 771-777, 2013.

BROWN, Lawrence S. **Química geral aplicada à engenharia**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

FAKHOURI, E.M.; FONTES, L.C.B.; GONÇALVES, P.V.M.; *et al.* Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativose

gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 369-375, abr.-jun. 2007.

McCain, 2014. McCain no Brasil. Disponível em: <http://mccain.com.br/consumidor/mccain-no-brasil/>. Acesso em 14 de julho de 2014.

MENDES, F.M. Produção e caracterização de bioplásticos a partir de amido de batata, 2009, 198f. Dissertação (Mestre em Química - Físico-Química) – Instituto de Química – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

MMA, 2014. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/>. Acesso em 24 de julho de 2014.

Ó R. E.; ANDRADE C. T. Nanocompósitos ternários de amido termoplástico e poli (butadieno maleatado). **Química Nova**, Vol. 35, n. 6, p 1146-1150, 2012.

PEREIRA, A.S. A evolução da batata no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. **Horticultura Brasileira**, v 29, n. 2 (Suplemento – CD ROM), Viçosa: ABH.S5701–S570, julho 2011

RAMOS, R.M.; SILVA, A. R.; DUMBRA, J. G. R.O aquecimento dos vegetais congelados. **Brasil Hortifrute – Uma publicação do CEPEA-ESALQ-USP**, Piracicaba, SP. Ano 11 nº 122, p. 9-22, abr., 2013.

SAÚDE EM MOVIMENTO, 2014. Saúde em movimento.com.br - Médicos indianos usam gaze e cascas de batatas para queimaduras. Disponível em: <http://www.saudeemmovimento.com.br/>. Acesso em 22 de julho de 2014

SECOM, 2007. Estudo de mercado de bioplástico SECOM – Tóquio Elaborado em dez/2007. Disponível em: <http://www.brasemb.or.jp/portugues/economy/pdf/Bioplasticos07.pdf>. Acesso em 18 de julho de 2014.

SILVA, W. A.; PEREIRA, J.; CARVALHO, C.W.P.; *et al.*, Determinação da cor, imagem superficial topográfica e ângulo de contato de biofilmes de diferentes fontes de amido. **Ciências e Agrotologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 154-163, jan./fev., 2007.

# ASSOCIAÇÕES MICORRÍZICAS

*Ernane Miranda Lemes<sup>1</sup>*

*LucasCarvalho Basilio de Azevedo<sup>2</sup>*

*Lísias Coelho<sup>3</sup>*

## Introdução

Uma das mais importantes associações simbióticas existentes na natureza é aquela formada entre alguns fungos do solo e raízes de plantas, denominada de micorriza (do grego: *mýkōs*, fungo, + *rhíza*, raíz). São associações predominantemente mutualísticas, isto é, com benefício para ambos os parceiros: planta e fungo. Essas associações são ubíquas, com presença em mais de 90% das famílias botânicas e em cerca de 80% das espécies vegetais (Wang e Qui, 2006; Smith e Read, 2008; Brundrett, 2009). As micorrizas são tão comuns que Stephen Wilhelm (1966), afirmou que, em condições de agricultura, as plantas não têm necessariamente raízes, mas sim micorrizas.

Basicamente, o funcionamento da associação ocorre com trocas entre o fungo, que cede água e nutrientes minerais absorvidos no solo por suas hifas, e a planta, que cede carbono orgânico produzido pela fotossíntese. Essas associações são amplamente reconhecidas por seus benefícios, principalmente na melhora da nutrição vegetal, em especial o fósforo, mas também na absorção de outros nutrientes pouco móveis no solo, além de nitrogênio (Marschner e Dell, 1994), resultando na tolerância das plantas a diversos estresses de origem biótica e abiótica (Berbara *et al.*, 2006; Smith e Read, 2008). As micorrizas são também conhecidas por reduzirem a incidência de patógenos nas raízes (Schiaivo e Martins, 2002; Lynch e Ho, 2005); melhorarem a tolerância a prolongados períodos de déficit hídrico e a diversos outros estresses, e

---

<sup>1</sup> Doutorando do Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia (UFU). CEP: 38400-902 Uberlândia - MG, Brasil, e-mail: [elemes@netsite.com.br](mailto:elemes@netsite.com.br).

<sup>2</sup> Prof. Adjunto, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Instituto de Ciências Agrárias. CEP: 38400-902 Uberlândia - MG, Brasil, e-mail: [lcbazevedo@iciag.ufu.br](mailto:lcbazevedo@iciag.ufu.br).

<sup>3</sup> Prof. Associado, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Instituto de Ciências Agrárias. CEP: 38400-902 Uberlândia - MG, Brasil, e-mail: [lisias@iciag.ufu.br](mailto:lisias@iciag.ufu.br).

possibilitarem o desenvolvimento normal das plantas mesmo em solos com baixos níveis nutricionais (Berbara et al., 2006; Sannazzaro et al., 2006; Moratelli *et al.*, 2007). A agregação do solo também é promovida pela ação das hifas e da glomalina, uma glicoproteína produzida pelos fungos micorrízicos (Nóbrega *et al.*, 2001; Sousa *et al.*, 2012).

As micorrizas podem ser agrupadas em seis tipos fundamentais de associações: as ectomicorrizas, micorrizas arbusculares, ericoides, orquidoides, arbutoides, e monotropoides (Harley e Smith, 1983; Smith e Read, 2008). Pela importância, ampla ocorrência e volume de informações produzidas, as principais associações micorrízicas são as ectomicorrizas e as micorrizas arbusculares (MA). Suas principais características são apresentadas na tabela 1.

Os fungos ectomicorrízicos formam associação principalmente com espécies arbóreas de clima temperado, sendo importantes para a comunidade vegetal desses ambientes naturais e também para plantios comerciais de florestas. Já os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) formam associações com a maioria das espécies vegetais de terra firme, com importância para ecossistemas naturais, agrícolas e florestais. Os FMA são os fungos micorrízicos mais comuns na natureza, ocorrendo em todos os continentes e praticamente todos os solos contendo vegetação.

**Tabela 1** - Características principais das associações micorrízicas.

Característica	Ectomicorrizas	Micorrizas Arbusculares
Ocorrência geográfica	Regiões temperadas, e exóticas de clima temperado nos trópicos.	Cosmopolita, porém concentradas nos trópicos.
Anatomia	Colonização intercelular (rede de Hartig) e formação de manto fúngico. Modificações morfológicas visíveis a olho nu nas raízes.	Colonização inter e intracelular (arbusculos, vesículas, esporos) e formação de hifas extra-radiculares. Sem mudanças morfológicas perceptíveis a olho nu.
Hospedeiros	Maioria das gimnospermas e algumas angiospermas.	> 80% das plantas vasculares.
Fungo	Basidiomycota e alguns Ascomycota.	Glomeromycota.

Trocas com a planta	Provavelmente via rede de Hartig (micélio intercelular).	Via arbúsculos intracelulares.
Exploração do solo	Manto fúngico e micélio.	Hifas.
Benefícios	Absorção de N e P. Resistência elevada a estresses bióticos e abióticos.	Absorção de N, Cu, Zn e, principalmente, P. Favorece a fixação biológica de N. Resistência moderada a leve para estresses.
Fitopatógenos	Promove o controle pela produção de antibióticos e barreira física (manto).	Amenizam os efeitos do ataque.
Efeitos ambientais	Crescimento vegetal. Agregação do solo.	Produtividade e diversidade da comunidade vegetal. Agregação do solo. Estoque de carbono por meio da proteína glomalina.

Fonte: Adaptado de Siqueira e Franco (1988).

A ampla ocorrência dos FMA pode ser explicada por sua origem: a genealogia desta simbiose está em concordância com o surgimento das plantas de terra firme, há cerca de 460 milhões de anos (período Ordoviciano), o que sugere uma importante participação dos fungos na conquista do ambiente terrestre, na evolução e na ecologia das plantas (MALLOCH *et al.*, 1980; STUBBLEFIELD *et al.*, 1987; REMY *et al.*, 1994; VAN DER HEIJDEN *et al.*, 1998; REDECKER *et al.*, 2000; BRUNDRETT, 2002).

Além dos efeitos na absorção de água e nutrientes, a MA tem funções na determinação da produtividade e diversidade vegetal e, portanto, para a estrutura da comunidade de plantas (Van der Heijden *et al.*, 1998). As hifas que crescem no solo também contribuem para a agregação do solo e constituem um estoque de carbono (Rillig, 2004; Rillig and Mummey, 2006; Wilson *et al.*, 2009), fator importante em tempos de altas emissões antrópicas de gases do efeito estufa.

Se forem considerados os efeitos da micorriza para a nutrição vegetal, melhora da condição hídrica, promoção da produtividade e diversidade, resistência a patógenos e pragas e agregação do solo, o potencial de aplicação e manejo da associação micorrízica, objetivando a sustentabilidade em agroecossistemas é enorme (Hawksworth, 1991;

Jordan *et al.*, 2000; Ryan *et al.*, 1994; Six *et al.*, 2004; Brussaard *et al.*, 2007). Essa ideia é reforçada ao se considerar que a maioria dos solos tropicais, como os do Brasil, são altamente intemperizados, ácidos, com baixa fertilidade e com alta capacidade de fixação por fósforo. O conhecimento dos benefícios das micorrizas e dos efeitos do manejo dos sistemas produtivos podem ser decisivos para o manejo sustentável da atividade agrícola nessas regiões.

É importante destacar que há diferenças na eficiência da associação dependendo do genótipo vegetal e do fungo micorrízico. Portanto, considerando que em sistemas que objetivam o manejo sustentável há a busca de diversidade vegetal no tempo e/ou no espaço, é importante que se tenha maior diversidade de fungos micorrízicos no solo para possibilitar a formação de micorrizas eficientes para o desenvolvimento vegetal. Em outras palavras, há necessidade de se manter a quantidade e diversidade de propágulos de fungos micorrízicos no solo para que diferentes isolados fúngicos tenham a chance de formarem associação eficiente com determinados hospedeiros vegetais.

Assim, estudos sobre os hospedeiros, os fungos micorrízicos, sua ecologia e práticas agrícolas são essenciais para encontrar alternativas de práticas de micorrizologia em manejos agrícolas sustentáveis, com objetivo de encontrar boa relação custo-benefício, melhor compatibilidade da associação, reduzido impacto ambiental e condições apropriadas para os solos brasileiros.

## **Desenvolvimento de Plantas Associadas a Fungos Micorrízicos**

O efeito mais conhecido das micorrizas e, muitas vezes, aquele com maiores consequências para os sistemas agrícolas, é a melhora da condição nutricional das plantas. Assim que o fungo micorrízico encontra a raiz, os parceiros (fungo e hospedeiro) se reconhecem molecularmente tanto em MA (Kiriachek *et al.*, 2009) como em ectomicorrizas (Martin *et al.*, 2001), ocorrendo o crescimento de hifas dentro do tecido radicular e também no solo (Smith e Read, 2008). Assim, as hifas no solo vão além da zona de absorção das raízes, aumentando o volume de solo explorado. Isso resulta em maior absorção de água e nutrientes, como N e P. A atividade de fungos micorrízicos também envolve a mobilização de N e P de polímeros orgânicos, e solubilização de nutrientes a partir de minerais (MOSCA *et al.*, 2007; FINLAY, 2008).

Na MA, a troca de metabólitos ocorre na estrutura intracelular chamada de arbúsculo, órgão característico, formado pela divisão dicotômica da hifa no interior da célula vegetal do córtex da raiz (Bonfante-Fasolo, 1984). Na formação do arbúsculo dentro da célula vegetal, há o desenvolvimento da membrana periarbuscular, através da qual há a troca de metabólitos (Bonfante-Fasolo, 1984; Harrison *et al.*, 2002). Em ectomicorrizas, há a formação do manto micelial ao redor de raízes finas e, no seu interior, a rede de Hartig se forma nos espaços intercelulares, *i.e.*, sem entrar nas células vegetais de todo o córtex da raiz (SMITH E READ, 2008). A rede de Hartig é a provável estrutura de troca de metabólitos entre o hospedeiro vegetal e o fungo ectomicorrízico (HACQUARD *et al.*, 2013). No solo, os fungos ectomicorrízicos também têm o potencial de solubilização de minerais (BALOGH-BRUNSTAD *et al.*, 2008).

Assim, existe um grande potencial na utilização de fungos micorrízicos como inoculantes para melhora da nutrição e do desenvolvimento em mudas vegetais. Em todo caso, a eficiência da micorrização dependerá da espécie vegetal (ou cultivar), do potencial e competitividade dos fungos a serem usados e da fertilidade do solo. Uma vez que os FMA são simbiotróficos obrigatórios, isto é, só se multiplicam na presença do hospedeiro vegetal, uma alternativa é o manejo da comunidade desses fungos com o objetivo de se aumentar a produtividade e se reduzir insumos sintéticos na agropecuária. Portanto, estudos sobre a eficiência do isolado fúngico, sua interação com o genótipo vegetal, as condições do solo e o manejo de cultura devem ser considerados.

### **Manejo da Comunidade Micorrízica**

As comunidades de fungos micorrízicos variam em função das condições ambientais, tais como temperatura, umidade, pH do solo, teor de nutrientes disponíveis, potencial de oxi-redução, comunidade de plantas e micro-organismos, estação do ano etc (Johnson *et al.*, 1992; König *et al.*, 2002; Gray *et al.*, 2011; Antunes *et al.*, 2011; Davison *et al.*, 2011). O manejo dos agroecossistemas pelo homem pode prejudicar a condição micorrízica ou, então, ser benéfico à micorriza e à produção vegetal. Esse fato é de especial interesse para MA, onde a produção de inoculante é difícil e o manejo da comunidade de MA pode

ser uma alternativa (Hamel, 1996). No entanto, práticas de manejo, como o uso intensivo de fertilizantes minerais, pesticidas, revolvimento do solo, irrigação, diversidade de plantas cultivadas simultaneamente, rotação de culturas e culturas consorciadas, influenciam decisivamente as comunidades de fungos micorrízicos (LOVELOCK, 2003; PLENCHETTE *et al.*, 2005; MATHIMARAN *et al.*, 2007; JALONEN *et al.*, 2013).

A presença constante de plantas hospedeiras na área é essencial para manter propágulos de fungos micorrízicos no solo e, conseqüentemente, para diminuir o impacto na comunidade desses fungos quando se maneja uma área de produção vegetal. Quando há o corte de árvores em grandes áreas ou o pousio do solo, pode haver diminuição na fonte de inóculo do solo na forma de raízes finas e pela ausência de multiplicação de propágulos em geral. Além da presença de plantas no solo, a diversidade vegetal também promove a heterogeneidade e estabilização dos fungos micorrízicos no solo.

O aumento de diversidade vegetal em sistemas de cultivo pode influenciar a comunidade de FMA, determinando as taxas e a seletividade de colonização, com a multiplicação diferencial de algumas espécies (Johnson *et al.*, 1992; König *et al.*, 2002; Lovelock, 2003; Davison *et al.*, 2011). O cultivo de adubos verdes, árvores na entrelinha de culturas, ou sistemas agrofloretais podem aumentar a diversidade de FMA no solo e a colonização de raízes (Colozzi-Filho e Chiffot *et al.*, 2009; Bainard *et al.*, 2012; Jalonon *et al.*, 2013). A presença de plantas herbáceas junto a árvores plantadas pode estimular as comunidades de FMA, com aumento da colonização micorrízica, do número de esporos de FMA e da densidade de hifas (Sene *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2011). Em conclusão, isso mostra que a maior diversidade vegetal cultivada estimula a intensidade micorrízica e a diversidade de fungos micorrízicos no solo.

Como efeito de maior diversidade ao longo do tempo, a rotação de culturas também afeta a comunidade de FMA, o que pode resultar em diferenças no potencial de benefício da micorriza às culturas (Mathimaran *et al.*, 2007; Lekberg *et al.*, 2008; Karasawa; Takebe, 2012; Tian *et al.*, 2013). Se comparada às culturas não hospedeiras (como as da família Brassicaceae), a rotação com culturas hospedeiras de FMA

pode manter o potencial de inóculo no solo e favorecer as culturas subsequentes (Karasawa; Takebe, 2011). No entanto, outras práticas podem influenciar os FMA mais do que a rotação de culturas, como a adubação com N e P (Ryan e Graham, 2002; Tian *et al.*, 2013). Em razão disso, a rotação de cultura deve ser analisada não isoladamente, mas em conjunto aos demais fatores determinantes da micorrização, como os níveis de nutrientes no solo.

A fertilidade do solo é um dos fatores que mais influenciam a micorrização. Elevadas doses de fertilizantes fosfatados no solo tendem a inibir a colonização micorrízica arbuscular (Ryan e Ash, 1999; Ryan e Graham, 2002). O uso de fungicidas também reduz a produção e a germinação de esporos, o crescimento de hifas, a colonização intrarradicular e a composição da comunidade de MA no solo (Schereiner e Bethlenfalvay, 1996; Mäder *et al.*, 2000; Zocco *et al.*, 2008; Jin *et al.*, 2013). Esses efeitos redutivos do desenvolvimento fúngico podem ter consequências para o estabelecimento e funcionamento da associação e de seus benefícios, causando inclusive a redução da absorção de P pela MA. De fato, a menor quantidade de insumos usados na agricultura pode resultar em estímulos para a comunidade de fungos micorrízicos (Munyanziza *et al.*, 1997; Mäder *et al.*, 2000; Plenchette *et al.*, 2005; Gosling *et al.*, 2010; Dai *et al.*, 2013), sendo uma abordagem para manutenção dos efeitos benéficos desses fungos e contribuindo para a sustentabilidade da agricultura.

Sistemas de produção com baixos insumos inorgânicos ou utilizando insumos orgânicos têm mostrado estímulo à micorrização (Mäder *et al.*, 2000; Gosling *et al.*, 2010; Dai *et al.*, 2013). Uma das possíveis razões para isso é a ausência do uso de pesticidas. Mas esses resultados são gerais e especificidades dos efeitos dependem do hospedeiro, do fungo, do estágio de desenvolvimento da micorriza e do fungicida (Schereiner e Bethlenfalvay, 1997; Jin *et al.*, 2013; Schalamuk *et al.*, 2014). Mesmo em sistemas orgânicos de produção, a aplicação de biopesticidas pode afetar a MA (Ipsilantis *et al.*, 2012). Esses efeitos de redução de crescimento fúngico podem ter consequências para o funcionamento da associação, como a diminuição da absorção de P pela MA (GRAHAM *et al.*, 1986).

Em geral, tanto para MA como para ectomicorrizas, a micorrização e seus benefícios ocorrem melhor em sistemas com a presença constante de diversas plantas hospedeiras (cultivos mistos, consorciados, agroflorestas, rotação de culturas), em sistemas onde ocorre a baixa utilização de pesticidas e fertilizantes, e em cultivo com reduzidos insumos ou sistemas orgânicos de produção. Apesar desses conhecimentos gerais, o manejo das micorrizas ainda é difícil por envolver múltiplos fatores edáficos, climáticos, comunidades vegetais e microbianas, que afetam a comunidade de fungos micorrízicos. Por isso, o avanço da micorrizologia, visando ao manejo e aproveitamento da associação, é essencial para o desenvolvimento de sistemas de produção mais sustentáveis e menos dependentes de insumos.

### **Inoculação de Fungos Micorrízicos**

A prática da inoculação é uma alternativa de reduzido impacto ambiental e baixo custo para produção e estabelecimento de mudas no campo. A obtenção de inoculo para fungos ectomicorrízicos é conseguida geralmente por meio de uma mistura de vermiculita, turfa e macerado das estruturas reprodutivas do fungo (cogumelos) coletadas nas áreas de plantio mais velhas. Essa mistura é aplicada no substrato das mudas.

É importante considerar a possível inabilidade ou baixa eficiência do fungo micorrízico em colonizar as raízes após o transplântio do viveiro para o campo. Como as condições do solo-substrato no viveiro são diferentes das do campo, ocorre uma redução do vigor e receptividade dos novos pelos radiculares às associações micorrízicas (Smith e Read, 2008). Podem existir interações negativas das comunidades microbianas do solo com o fungo micorrízico inoculado, como competição por nutrientes e espaço, o que reduziria ou impediria o crescimento do isolado inoculado. Portanto, estudos de manejo das mudas objetivando a preservação, multiplicação e competitividade dos fungos micorrízicos no campo são necessários para cada associação fungo-planta, assim como a identificação de estirpes mais bem adaptadas para cada agrossistema. Por isto, a estratégia de coleta das estruturas reprodutivas em áreas de plantio pode levar à seleção de estirpes mais adaptadas àquele local.

Ao contrário da obtenção simplificada de inóculo para fungos ectomicorrízicos, a obtenção de inóculos de FMA em grande quantidade e com um mínimo de pureza é difícil, uma vez que os FMA são simbiotróficos obrigatórios, necessitando da presença do vegetal para sua multiplicação. Uma alternativa é o uso de raízes transformadas geneticamente para o crescimento e multiplicação de propágulos de FMA em meio de cultura. Entretanto, ainda há necessidade da diminuição de custos dessas tecnologias para aplicação em larga escala. Por isso, a opção mais viável para propagação de FMA ainda é a identificação e o manejo das populações dos fungos micorrízicos presentes no solo.

### **Considerações Finais**

As micorrizas melhoram a absorção de nutrientes pelas plantas, promovem a agregação e a estruturação do solo, determinam a estrutura da comunidade vegetal e, por isso, são muito importantes para a composição de agroecossistemas equilibrados e produtivos. Portanto, tem-se grande potencial de aplicação de fungos micorrízicos objetivando o manejo sustentável em sistemas agropecuários, recuperação de áreas degradadas, e em condições de baixa fertilidade encontradas em solos tropicais intemperizados (p.ex. Cerrado), como os do Brasil. No entanto, a intensidade dos benefícios das micorrizas é dependente do isolado fúngico, dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, do hospedeiro e da complexa interação entre esses fatores, tornando difícil a elaboração de rotinas fixas de manejo dessas associações.

Por outro lado, sabe-se que a manutenção da maior diversidade vegetal no espaço e no tempo é uma estratégia decisiva para a estabilidade e funcionamento da biota do solo, inclusive para os fungos micorrízicos. Impactos negativos, como a fragmentação de ecossistemas, revolvimento e erosão do solo, uso excessivo de P e fungicidas, e mudanças climáticas afetam negativamente as micorrizas. Portanto, para que os benefícios das micorrizas sejam expressivos e deem suporte à sustentabilidade da produção agrícola, sua presença deve ser avaliada e manejada criteriosamente como parte integrante do complexo ecossistema do solo.

## Referências bibliográficas

ANTUNES, P.M.; KOCH, A.M.; MORTON, J.B.; RILLING, M.C.; KLIRONOMOS, J.N. 2011. Evidence for functional divergence in arbuscular mycorrhizal fungi from contrasting climatic origins. **New Phytologist**, 189(2):507-514.

BAINARD, L.D.; KOCH, A.M.; GORDON, A.M.; KLIRONOMOS, J.N. 2012. Temporal and compositional differences of arbuscular mycorrhizal fungal communities in conventional monocropping and tree-based intercropping systems. **Soil Biology and Biochemistry**, 45:172-180.

BALOGH-BRUNSTAD, Z.; KELLER, C.K.; GILL, R.A.; BORMANN, B.T.; LI, C.Y. 2008. The effect of bacteria and fungi on chemical weathering and chemical denudation fluxes in pine growth experiments. **Biogeochemistry**, 88(2):153-167.

BERBARA, R.L.L.; de SOUZA, F.A.; FONSECA, H.M.A.C. 2006. Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In: FERNANDES, M.S. (ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, Brasil. p. 53-88.

BONFANTE-FASOLO, P. 1984. Anatomy and morphology of VA mycorrhizae. In: POWELL, C.L.; BAGYARAJ, D.J. (ed.). **VA Mycorrhiza**. Boca Raton: CRC Press, p. 5-33.

BRUNDRETT, M.C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. **New Phytologist**, 154:275-304.

BRUNDRETT, M.C. 2009. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. **Plant and Soil**, 320(1-2):37-77.

BRUSSAARD, L.; De RUITER, P.C.; BROWN, G.G. 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. **Agriculture, ecosystems & environment**, 121(3):233-244.

COLOZZI FILHO, A.; CARDOSO, E.J.B.N. 2000. Detecção de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de cafeeiro e de

crotalária cultivada na entrelinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35(10):2033-2042.

DAI, J.; HU, J.; LIN, X.; YANG, A.; WANG, R.; ZHANG, J.; WONG, M.H. 2013. Arbuscularmycorrhizal fungal diversity, external mycelium length, and glomalin-related soil protein content in response to long-term fertilizer management. **Journal of Soils and Sediments**, 13(1):1-11.

DAVISON, J.; ÖPIK, M.; DANIELLI, T.J.; MOORA, M.; ZOBEL, M. 2011. Arbuscularmycorrhizal fungal communities in plant roots are not random assemblages. **FEMS microbiology ecology**, 78(1):103-115.

FINLAY, R.D. 2008. Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. **Journal of experimental botany**, 59(5):1115-1126.

GOSLING, P.; OZAKI, A.; JONES, J.; TURNER, M.; RAYNS, E.; BENDING, G.D. 2010. Organic management of tilled agricultural soils results in a rapid increase in colonisation potential and spore populations of arbuscularmycorrhizal fungi. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 139:273-279. doi: 10.1016/j.agee. 2010.08.013.

GRAHAM, H.M.; JACKSON, C.G.; DEBOLT, J.W. 1986. *Lygus* spp. (Hemiptera: Miridae) and their parasites in agricultural areas of southern Arizona. **Environmental Entomology**, 15:132-142.

GRAY, S.B.; CLASSEN, A.T.; KARDOL, P.; YERMAKOV, Z.; MICHAEL MILLE, R. 2011. Multiple climate change factors interact to alter soil microbial community structure in an old-field ecosystem. **Soil Science Society of America Journal**, 75(6):2217-2226.

HACQUARD, S.; TISSERANT, E.; BRUN, A.; LEGUÉ, V.; MARTIN, F.; KOHLER, A. 2013. Laser microdissection and microarray analysis of *Tuber melanosporum* ectomycorrhizas reveal functional heterogeneity between mantle and Hartig net compartments. **Environmental microbiology**, 15(6):1853-1869.

HAMEL, C. 1996. Prospects and problems pertaining to the management of arbuscularmycorrhizae in agriculture. **Agriculture, ecosystems & environment**, 60(2):197-210.

HARLEY, J.L.; SMITH, S.E. 1983. Mycorrhizal Symbiosis. **Academic Press**, London. 483 p.

HARRISON, M.J.; DEWBRE, G.R.; LIU, J. 2002. A phosphate transporter from *Medicago truncatula* involved in the acquisition of phosphate released by arbuscularmycorrhizal fungi. **The Plant Cell Online**, 14(10):2413-2429.

HAWKSWORTH, D.L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: Magnitude, significance, and conservation. **Mycological Research**, Cambridge, 95:641-655.

IPSILANTIS, I.; SAMOURELIS, C.; KARPOUZAS, D.G. 2012. The impact of biological pesticides on arbuscularmycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**. 45:147-155.

JALONEN, R.; TIMONEN, S.; SIERRA, J.; NYGREN, P. 2013. Arbuscularmycorrhizal symbioses in a cut-and-carry forage production system of legume tree *Gliricidia sepium* and fodder grass *Dichanthium aristatum*. **Agroforestry systems**, 87(2):319-330.

JIN, H.; GERMIDA, J.J.; WALLEY, F.L. 2013. Suppressive effects of seed-applied fungicides on arbuscularmycorrhizal fungi (AMF) differ with fungicide mode of action and AMF species. **Applied Soil Ecology**, 72:22-30.

JOHNSON, N.C.; TILMAN, D.; WEDIN, D. 1992. Plant and soil controls on mycorrhizal fungal communities. **Ecology**, 73(6):2034-2042.

JORDAN, N.R.; ZHANG, J.; HUERD, S. 2000. Arbuscularmycorrhizal fungi: potential roles in weed management. **Weed Research-Oxford**, 40(5):397-410.

KARASAWA, T.; TAKEBE, M. 2011. Temporal or spatial arrangements of cover crops to promote arbuscularmycorrhizal colonization and P uptake of up land crops grown after nonmycorrhizal crops. **Plant and Soil** 353:355-366.

KIRIACHEK, S.G.; DE AZEVEDO, L.C.B.; PERES, L.E.P.; LAMBAIS, M.R. 2009. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33(1):1-16.

- KÖNIG, S.; WUBET, T.; DORMANN, C.F.; HEMPEL, S.; RENKER, C.; BUSCOT, F. 2010. TaqMan real-time PCR assays to assess arbuscularmycorrhizal responses to field manipulation of grassland biodiversity: effects of soil characteristics, plant species richness, and functional traits. **Applied and environmental microbiology**, 76(12):3765-3775.
- LEKBERG, Y.; KOIDE, R.T.; TWOMLOW, S.J. 2008. Effect of agricultural management practices on arbuscularmycorrhizal fungal abundance in low-input cropping systems of southern Africa: A case study from Zimbabwe. **Biology and Fertility of Soils**, 44(7):917-923.
- LOVELOCK, C.E.; ANDERSEN, K.; MORTON, J.B. 2003. Arbuscularmycorrhizal communities in tropical forests are affected by host tree species and environment. **Oecologia**, 135(2):268-279.
- LYNCH, J.P.; HO, M.D. 2005. Rhizoeconomics: Carbon costs of phosphorus acquisition. **Plant and Soil**. 269:45-56.
- MÄDER, P.; EDENHOFER, S.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; NIGGLI, U. 2000. Arbuscularmycorrhizae in a long-term field trial comparing low-input (organic, biological) and high-input (conventional) farming systems in a crop rotation. **Biology and Fertility of Soils**, 31(2):150-156.
- MALLOCH, D.W.; PIROZYNSKI, K.A.; RAVEN, P.H. 1980. Ecological and evolutionary significance of mycorrhizal symbioses in vascular plants (A review). **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 77:2113-2118.
- MARSCHNER, H.; DELL, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, 159:89-102.
- MARTIN, F.; DUPLESSIS, S.; DITENGOU, F.; LAGRANGE, H.; VOIBLET, C.; LAPEYRIE, F. 2001. Developmental cross talking in the ectomycorrhizal symbiosis: signals and communication genes. **New Phytologist**, 151(1):145-154.
- MATHIMARAN, N.; RUH, R.; JAMA, B.; VERCHOT, L.; FROSSARD, E.; JANSA, J. 2007. Impact of agricultural management on arbuscularmycorrhizal fungal communities in Kenyan ferralsol. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. 119(1-2):22-32.

MORATELLI, E.M.; COSTA, M.D.; LOVATO, P.E.; SANTOS, M.; PAULILO, M.T.S. 2007. Efeito da disponibilidade de água e de luz na colonização micorrízica e no crescimento de *Tabebuia avellanadae* (Lorentz exGriseb.) (Bignoniaceae). **Revista Árvore**, 31(3):555-566.

MOSCA, E.; MONTECCHIO, L.; SCATTOLIN, L.; GARBAYE, J. 2007. Enzymatic activities of three ectomycorrhizal types of *Quercus robur* L. in relation to tree decline and thinning. **Soil Biology and Biochemistry**, 39(11):2897-2904.

MUNYANZIZA, E.; KEHRI, H.K.; BAGYARAJ, D.J. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees. **Applied Soil Ecology**, 6(1):77-85.

NÓBREGA, J.C.A.; LIMA, J.M.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; MOTTA, P.M.F. 2001. Fosfato e micorriza na estabilidade de agregados em amostras de latossustratos cultivados e não-cultivados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 36(11):1425-1435.

PLENCHETTE, C.; CLERMONT-DAUPHIN, C.; MEYNARD, J.M.; FORTIN, J.A. 2005. Managing arbuscularmycorrhizal fungi in cropping systems. **Canadian journal of plant science**, 85(1):31-40.

REDECKER, D.; KODNER, R.; GRAHAM, L.E. 2000. Glomalean fungi from the Ordovician. **Science**, 289:1920-1921.

REMY, W.; TAYLOR, T.N.; HASS, H.; KERP, H. 1994. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscularmycorrhizae. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 91(25):11841-11843.

RILLIG, M. C. 2004. Arbuscularmycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. **Canadian Journal of Soil Science**, 84(4):355-363.

RILLIG, M.C.; MUMMEY, D.L. 2006. Mycorrhizas and soils structure. **New Phytologist**, 171:41-53.

RYAN, M.; ASH, J. 1999. Effects of phosphorus and nitrogen on growth of pasture plants and VAM fungi in se Australian soils with contrasting fertiliser histories (conventional and biodynamic). **Agriculture Ecosystems & Environment**, 73:51-62.

RYAN, M.H.; GRAHAM, J.H. 2002. Is there a role for

arbuscularmycorrhizal fungi in production agriculture? **Plant and Soil**,244:263-271.

SANNAZZARO, A.I.; RUIZ, O.A.; ALBERTÓ, E.O.; MENÉNDEZ, A.B. 2006. Alleviation of salt stress in *Lotus glaber* by *Glomus intraradices*. **Plant and soil**, 285(1-2):279-287.

SCHALAMUK, S.; VELAZQUEZ, S.; SIMÓN, M.R.; CABELLO, M. 2014. Effect of Septoria leaf blotch and its control with commercial fungicides, on arbuscular-mycorrhizal-fungal colonization, spore numbers, and morphotype diversity. **Journal of Plant Protection Research**, 54(1):9-14.

SCHREINER, R.P.; BETHLENFALVAY, G.J. 1996. Mycorrhizae, biocides, and biocontrol. 4. response of a mixed culture of arbuscularmycorrhizal fungi and host plant to three fungicides. **Biology and Fertility of Soils** 23:189-195.

SCHREINER, R.P.; BETHLENFALVAY, G.J. 1997. Plant and soil response to single and mixed species of arbuscularmycorrhizal fungi under fungicide stress. **Applied Soil Ecology**, 7: 93-102.

SCHIAVO, J.A.; MARTINS, M.A. 2002. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*, em substrato agro-industrial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 24(2):519-523.

SENE, G.; THIAO, M.; MANGA, A.; KANE, A.; SAMBA MBAYE, R.; MBAYE, M.S.; KHASA, D.; SYLLA, S.N. 2012. Arbuscularmycorrhizal soil infectivity and spores distribution across plantations of tropical, subtropical and exotic tree species: a case study from the forest reserve of Bandia, Senegal. **African Journal of Ecology**, 50(2):218-232.

SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C.; CURI, N.; ROSADO, S.C.S.; DAVIDE, A.C. 1998. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, 107:241-252.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S.; DENEË, K. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil Tillage Research**, 79:7-31.

SMITH, S.E.; READ, D.J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis, 3<sup>rd</sup> Edition, **Academic Press**, London. 787 p.

SOUSA, C.D.; MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.D.B.; LIMA, F.D. 2012. Glomalin: characteristics, production, limitations and contribution to soils. **Semina: Ciências Agrárias**, 33:3033-3044.

STUBBLEFIELD, S.P.; TAYLOR, T.N.; TRAPPE, J.M. 1987. Fossil mycorrhizae: a case for symbiosis. **Science**, 237(4810):59-60.

TIAN, H.; DRIJBER, R. A.; ZHANG, J. L.; LI, X. L. 2013. Impact of long-term nitrogen fertilization and rotation with soybean on the diversity and phosphorus metabolism of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi within the roots of maize (*Zea mays* L.). **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 164: 53-61.

van der HEIJDEN, M.G.A.; KLIRONOMOS, J.N.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.; STREITWOLF, E.R.; BOLLER, T.; WEIMKEN, A.; SANDERS, I.R. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, 396:69-72.

WANG, B; QIU, Y-L. 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. **Mycorrhiza**, 16:299-363.

WANG, P; LIU, J.H.; XIA, R.X.; WU, Q.S.; WANG, M.Y.; DONG, T. 2011. Arbuscular mycorrhizal development, glomalin-related soil protein (GRSP) content, and rhizospheric phosphatase activity in citrus orchards under different types of soil management. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, 174(1):65-72.

WILHELM, S. 1966. Chemical treatments and inoculum potential of soils. **Annu. Rev. Phytopathol.** 4:53-78.

WILSON, G.W.T.; RICE, C.W.; RILLING, M.C.; SPRINGER, A.; HARNETT, D.C. 2009. Soil aggregation and carbon sequestration are tightly correlated with the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi: results from long-term field experiments. **Ecology Letters**, 12:452-461.

ZOCCO, D.; FONTAINE J.; LOZANOVA, E.; RENARD, L.; BIVORT, C.; DURAND, R.; GRANDMOUGIN-FERJANI, A.; DECLERCK, S. 2008. Effects of two sterol biosynthesis inhibitor fungicides (fenpropimorph and fenhexamid) on the development of an arbuscular mycorrhizal fungus. **Mycological Research**, 112:592-601.

# MELHORAMENTO GENÉTICO PARA RESISTÊNCIA ÀS DOENÇAS COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DA SOJA

*Leonardo Humberto Silva e Castro<sup>1</sup>*

*Aluísio Borém de Oliveira<sup>2</sup>*

*Ernane Miranda Lemes<sup>3</sup>*

## A cultura da soja

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é originária do nordeste da China e é uma das fontes de proteína vegetal mais plantadas no mundo. A soja é a cultura que mais cresceu nas últimas três décadas no Brasil e ocupa aproximadamente metade da área plantada do país. O ganho produtivo desta cultura está vinculado aos avanços tecnológicos, ao manejo apropriado e à eficiência dos produtores brasileiros (MAPA, 2014). Os grãos de soja são majoritariamente destinados à fabricação de rações animais, e uma parte crescente vem sendo empregada na alimentação humana (óleos e proteína). Outra alternativa ao uso dos grãos de soja é a fabricação de biocombustíveis, que tem o potencial de diminuir consideravelmente a emissão de gases do efeito estufa na atmosfera terrestre (CANDEIA, 2008).

A competitividade da cadeia produtiva da soja requer mais investimentos em pesquisas relacionadas ao incremento produtivo, à destinação do uso final e também na logística de comércio como importante *commodity* da economia global. As estratégias competitivas de redução dos custos para alcançar elevados níveis de eficiência produtiva, tanto em quantidade quanto em qualidade, o atendimento adequado às necessidades do mercado interno e a obtenção de resultados crescentes no mercado externo, são o foco da moderna cadeia produtiva da soja no Brasil (HIRAKIRI *et al.* 2014).

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia; leonardohumbertoagro@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor PhD – Universidade Federal de Viçosa; borem@viçosa.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo; Mestre em Fitopatologia (University of Florida); Doutorando em Fitotecnia (Universidade Federal de Uberlândia), elemes@netsite.com.br

## Sustentabilidade produtiva

No aspecto econômico, o termo sustentabilidade busca um sistema de gestão eficiente dos recursos aplicados à cadeia produtiva, apreciando a regularidade de fluxos entre os investimentos públicos e privados. Socialmente, a sustentabilidade foca um desenvolvimento acerca da melhoria da qualidade de vida da população. A sustentabilidade política busca a construção da cidadania e a garantia da incorporação do ser humano no processo de desenvolvimento. E, ecologicamente, a sustentabilidade visa à incorporação do capital natural às atividades produtivas, como o turismo ecológico, rural e a apreciação de ecossistemas. Atualmente, o meio ambiente requer sustentabilidade principalmente na recuperação de áreas degradadas para a recomposição de ecossistemas (HIRAKURI *et al.*, 2014).

Em sistemas agrícolas, o termo sustentabilidade deve incorporar conceitos de eficiência das tecnologias recomendadas. Boas práticas, como a ciclagem dos nutrientes aportados, *time* correto de intervenção na lavoura e monitoramento de variáveis que afetam negativamente a produção são decisivos para a continuidade do sistema produtivo da soja. Fatores como a qualidade do grão, pragas e doenças de armazenagem e a mistura de soja convencional e transgênica na armazenagem estão depreciando os grãos oriundos do Brasil. A qualidade produtiva é o ponto que deve ser de maior reflexão pelos produtores de soja, em relação tanto à qualidade comercial quanto à qualidade ambiental e social. Os principais problemas enfrentados pelos sojicultores brasileiros estão ligados à depleção de organismos benéficos às atividades agrícolas; a contaminação de recursos hídricos e ao uso inconsequente de agrotóxicos nos diferentes ecossistemas (HIRAKURI *et al.*, 2014).

O comportamento do agrotóxico é determinado por processos de retenção, transformação e transporte. Durante a retenção, o princípio ativo é adsorvido pelas partículas do solo, podendo assim se movimentar em várias profundidades. Processos químicos ou degradação transformam os ingredientes dos agrotóxicos, o que tem o potencial de diminuir ou aumentar sua toxicidade. O transporte de agrotóxicos acontece através de processos de lixiviação, volatilização, evaporação e escoamento superficial. Vários são os mecanismos biológicos que dão

suporte à dispersão dos resíduos da agricultura nos ecossistemas, se concentrando nas pulverizações, via vapor, poeira, precipitação, aplicação direta no solo, erosão e carregamento (RIBEIRO; VIEIRA, 2010).

## **Doenças da cultura da soja**

Na cultura da soja as doenças são capazes de comprometer severamente seu potencial produtivo. Algumas delas podem causar danos insupríveis à cultura, que podem deprimir os resultados de produção, produtividade e qualidade dos grãos. Estimam-se perdas em torno de 15 a 20%, porém, dependendo da doença e da intensidade infecciosa, as perdas podem chegar próximas a 100% (EMBRAPA SOJA, 2000). O que pode explicar o aumento da severidade das doenças da cultura da soja no Brasil são fatores ligados à expansão da cultura para novas fronteiras agrícolas, como o Centro-Oeste e Norte brasileiro; intensificação da monocultura; inadequação das práticas de manejo adotadas e mudança do quadro de cultivares empregadas no sistema produtivo.

A vulnerabilidade genética é conceituada como o risco de desastres ocasionados por patógenos ou fatores abióticos, isto devido à uniformidade genética nas plantações. Esta é uma consequência da base genética estreita das culturas (DESTRO e MANTALVÁN, 1990; SANTILLI, 2009). As condições ambientais, como a umidade, temperatura, intensidade de chuva, controles genéticos e químicos são outros fatores que determinam a intensidade da severidade das doenças na cultura da soja (MESQUINI *et al.*, 2011).

No Brasil já foram catalogadas em torno de 40 doenças da soja acarretadas por fungos, bactérias e vírus. As principais doenças da cultura da soja são a ferrugem asiática, o mofo branco, a antracnose, a mancha alvo, o oídio, o complexo de doenças de final de ciclo, além das causadas por nematóides. Vários foram os esforços com relação ao manejo destas doenças, porém poucas tiveram sua importância diminuída nos últimos tempos, uma vez que a importância econômica ligada aos danos causados pelas doenças varia de ano para ano, de região para região e principalmente subjugada pelas condições climáticas durante o período da safra (EMBRAPA, 2014).

## Ferrugem asiática

A ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sidow, nos últimos anos se tornou uma das doenças mais graves para a cultura, pelo fato de promover a desfolha precoce das plantas e por comprometer a quantidade e a qualidade dos grãos produzidos. Na América do Sul, seus primeiros relatos foram na região sul dos estados de Goiás, Mato Grosso e norte do Mato Grosso do Sul e no Rio Grande do Sul. Já foram aferidas perdas em torno de 80% da produtividade nas regiões produtoras brasileiras, principalmente devido à alta capacidade de superação de genes de resistência das variedades de soja (HARTMAN *et al.*, 1999).

Um dos métodos de controle da doença é o químico, cuja opção visa à diminuição ou extinção dos agentes patogênicos, com o intuito de aumentar a produtividade das plantas, devido à ação protetora, curativa e sistêmica dos fungicidas. A resistência genética é o controle mais efetivo, por ser compreendida pela habilidade do hospedeiro em resistir ao crescimento e ao desenvolvimento do patógeno. No caso da ferrugem asiática, um dos grandes entraves para o controle genético é o elevado número de raças de *P. packihizi*, com agentes múltiplos de virulência. A resistência parcial às vezes é indesejada pelo fato dos genes maiores poderem suprir o efeito de genes menores. Porém, já foram identificados na cultura da soja cinco genes de resistência à ferrugem asiática, sendo eles *Rpp1*, *Rpp2*, *Rpp3*, *Rpp4* (HARTWIG, 1986) e *Rpp5* (MONTEROS *et al.*, 2007).

## Mofa branco

O mofa branco é causado pelo fungo necrotrófico *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary, sendo esta uma doença conhecida mundialmente e que tem muita importância nas áreas produtoras de soja. O fungo acarreta danos mundiais em mais de 408 espécies hospedeiras, dentre elas o girassol, canola, ervilha, feijoeiro, alfafa, fumo, tomateiro, batateira, principalmente a soja, além de infectar plantas daninhas (CPC, 2007). Durante o seu processo infeccioso, o fungo produz estruturas de resistência nomeadas por escleródios, que colonizam dentro e na superfície dos tecidos colonizados, que permanecem no solo

mesmo após o processo de colheita. No início deste processo pétalas senescentes das flores são colonizadas pelos ascósporos do patógeno, que, em condições ambientais favoráveis, germinam, principalmente com temperaturas frias e alta umidade. O que mais preocupa os produtores de soja e pesquisadores em geral, é que os escleródios do fungo sobrevivem por mais de 10 anos no solo (WANG *et al.*, 2010; GARCIA *et al.*, 2012).

Posteriormente à infecção nas flores, as estruturas do fungo se espalham por toda a planta, produzindo tufo branco de micélio, formando um cinturão nas folhas, caules e vagens. Como resultado, dependendo da intensidade do processo infeccioso, as plantas podem chegar à morte e/ou grandes perdas no rendimento de grãos (VUONG *et al.*, 2008; CHEN; WANG, 2005).

O controle do mofo branco ainda se concentra em práticas agrônômicas para diminuir a fonte de inóculo e gerar condições desfavoráveis ao desenvolvimento do fungo, com ênfase na rotação com culturas não hospedeiras e no incremento do espaçamento entre linhas. O controle químico não gera resultados muito satisfatórios, principalmente pelo alto custo por hectare dos princípios ativos (CUNHA *et al.*, 2010; BASTIEL *et al.*, 2012). O controle biológico pode ocorrer utilizando os agentes *Trichoderma harzianum* (Rifai) (GIMARÃES; ASSIS, 2013), *Streptomyces lydicus* (De Boer) e *Coniothyrium minitans* (Campbell) (ZENG *et al.* 2012).

## **Antracnose**

A antracnose tem como agente causal o fungo *Colletotrichum dematium* var. *truncata* (sin. *C. truncatum*) e é a principal doença que acarreta danos severos na fase inicial da formação de vagens na cultura da soja. Sua maior frequência está intimamente ligada a níveis intensos de precipitação, temperaturas elevadas e ao adensamento na semeadura, o que gera um microclima altamente favorável ao desenvolvimento do patógeno.

A intensidade infecciosa da doença se dá principalmente pelo uso de sementes infectadas e deficiências nutricionais, principalmente por potássio. A doença pode conceber morte de plântulas, necrose dos pecíolos e manchas foliares, nas hastes e vagens. O fungo pode infectar

ramos laterais, pecíolos e vagens em todos os estágios de desenvolvimento. As vagens infectadas durante os estádios reprodutivos R3 e R4 ficam com tom castanho-escuro a negro e bastante retorcidas (COSTA, 2009; KIMATI *et al.*, 2005).

O controle da doença se inicia pelo emprego de sementes idôneas e tratadas. Práticas culturais como a rotação de cultura, nutrição balanceada, maior espaçamento entre linhas (aeração) e controle de plantas invasoras são aconselhadas. Quando ao controle genético à doença, a diferenciação entre a resistência e a suscetibilidade está ligada aos níveis de concentração de fenóis e de enzimas oxidantes (CHANDRASEKARAN *et al.*, 2000). Um fato que dificulta é a grande variabilidade genética inerente ao patógeno. Porém, no Brasil já foram identificadas cultivares comerciais resistentes e moderadamente resistentes às raças de *C. truncatum* (BALARDIN, 2002).

### **Mancha-alvo**

A mancha-alvo é uma doença que está distribuída em praticamente todo o território brasileiro, sendo mais severa na região Sul do país e em regiões altas do Cerrado. Seu agente causal é o fungo *Corynespora cassiicola* (Berk. & M.A. Curtisv) que ocasiona lesões inicialmente com pontuações pardas, com halo amarelo, e posteriormente, com o seu agravamento, tornam-se circulares, castanho-claras a escura, que geralmente exibem pontuação central e anéis concêntricos de coloração mais escura. O ataque gera desfolha e maturação prematura e, quando é severo, pode ocasionar a morte da planta.

O controle da doença inicia-se pelo tratamento de sementes, rotação com espécies de gramíneas e o controle químico. A utilização de variedades resistentes é o controle mais efetivo no controle da mancha-alvo (KIMATI *et al.*, 2005; HIRAKURI *et al.*, 2014).

### **Oídio**

O oídio é uma doença altamente encontrada em campos de produção de soja de todo o Brasil. Esta é causada pelo fungo *Microsphaera difusa* (Cke. & Pk.), que se desenvolve na parte aérea da planta, apresentando uma camada fina de micélio e esporos pulverulentos, que podem evoluir e cobrir toda a superfície da folha, vagens e hastes. A

presença da doença pode ser constatada em todos desenvolvimento da planta, sendo mais visível e severo no período de florescimento (YORINORI, 1982).

O controle mais eficiente do oídio é a utilização de cultivares resistentes a moderadamente resistentes ao fungo ou a utilização de sementes susceptíveis em períodos desfavoráveis ao seu desenvolvimento. O controle químico é eficiente, porém requer muitas aplicações, o que pode elevar o custo, por depender do nível de infestação e do estágio de desenvolvimento das plantas (PEREIRA *et al.*, 2012; ESPÍNDOLA *et al.*, 2011).

### **Doenças de final de ciclo (DFC)**

As doenças de final de ciclo são causadas pelos fungos *Septoria glycines* (Hemmi) (mancha parda ou septoriose) e *Cercospora kikuchii* (Tak. Matsumoto & Tomoy) (crestamento foliar e mancha púrpura da semente) e por ocorrerem no mesmo período são denominadas como um complexo de doenças. Sob este efeito, a severidade e danos da doença podem ser confundidos com a senescência natural das plantas, dificultando a tomada de decisão.

O manejo integrado da doença é obtido através da utilização de cultivares moderadamente resistentes a resistentes, o tratamento químico das sementes e a rotação com espécies não hospedeiras, como o milho e milheto. Desequilíbrios nutricionais aliados à semeadura de cultivares susceptíveis podem causar a desfolha anteriormente a meia grana, no estágio reprodutivo R5.4 (KIMATI *et al.* 2005; COSTA, 2005; MARTINS *et al.*, 2004).

### **Nematóides**

Os nematóides são parasitas das plantas de soja que se encontram no solo ou no interior de hospedeiros. O parasitismo causado por estes fitopatógenos geralmente tem como sintomas a formação de reboleiras, devido à sua baixa mobilidade no solo. O que pode ser observado nesta região são plantas atrofiadas e cloroses nas folhas, em que pode, dependendo da densidade populacional destes organismos, ocasionar a morte das plantas. Seus sintomas podem ser facilmente confundidos com deficiências nutricionais, a compactação do solo, que

dificulta o desenvolvimento radicular, a falta ou o excesso de calagem e períodos longos de déficit hídrico, em especial posterior a longos períodos de chuvas.

O controle de nematóides na cultura da soja considera o emprego de diversos métodos, iniciando por concepções de exclusão, evitando a entrada de espécimes e/ou raças em locais onde não há a ocorrência de sintomas; a erradicação, que tem por princípio o cultivo rotacionado com espécies não hospedeiras e o controle biológico; a regulação, cuja ação está direcionada à mudança do ambiente, principalmente ligada à nutrição de plantas; e a imunização, que parte do princípio da utilização de cultivares de soja resistente a espécies ou raças identificadas no local, de preferência.

Dentre os nematóides que causam danos à cultura da soja estão os causadores de galhas, que compreende um grande número de espécies, mas que os que mais limitam a produtividade da soja nas condições brasileiras são o *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) e *M. javanica* (Treub). Os danos observados nas plantas de soja quando infectadas por estes organismos são observados, desde a murcha em períodos de maior temperatura, declinação e queda das folhas, além de sintomas ligados à deficiência nutricional, uma vez que nas raízes os sintomas são observados pelo hipertrofiamento das mesmas, que pode até limitar o seu crescimento.

Uma vez que a planta de soja é colonizada por nematóides formadores de galhas, nada pode ser feito na safra presente. Não obstante, todos os cuidados a serem seguidos são direcionados para os próximos ciclos produtivos. Atualmente, no Brasil, estão certificadas em torno de 80 cultivares resistentes ou moderadamente resistentes ao *M. incognita* e *M. javanica*.

Outra espécie de nematóide que preocupa os sojicultores é o nematóide de cisto (NCS), cujo agente causal é a espécie *Heterodera glycines* (Ichinohe). A ocorrência de *H. glycines* resulta em plantas de porte reduzido e cloróticas na parte aérea (nanismo amarelo da soja). Um fator preocupante é a velocidade com que o fitopatógeno se dissemina em um curto espaço de tempo, principalmente através da excessiva movimentação de máquinas, implementos agrícolas e veículos entre as propriedades, além da transposição ocasionada pelas enxurradas, ani-

mais e sementes com partículas de solo. Atualmente, todas as regiões produtoras nacionais têm problemas com este nematóide (HIRAKURI *et al.*, 2014; HENNING, *et al.*, 2005).

O meio de controle que gera resultados para a cultura da soja é a utilização de variedades resistentes e a rotação destas nas áreas produtoras. A adoção da semeadura direta dificulta a dispersão de cistos nas áreas, de forma a diminuir a movimentação de maquinário. Outra forma de prevenção ao NCS é o controle do pH do solo. Em áreas com pH elevado, a população de NCS se mantém alta, condicionando danos maiores às plantas de soja (ROCHA *et al.* 2006).

### **Melhoramento genético para resistência às doenças**

De acordo com Borém; Miranda (2013); Bueno; Mendes; Carvalho (2013), as culturas apresentam diferentes formas de serem resistentes aos patógenos que causam doenças, que podem gerar danos irreparáveis à produtividade. Três fases são importantes durante o processo de estudo da resistência, iniciando por estudos da herança da resistência, que busca conhecer o número de genes ligados ao hospedeiro que propiciam a manifestação da doença. Logo após, deve ser realizada uma avaliação da severidade de raças fisiológicas do patógeno em híbridos de forma individual. E, finalmente, é realizada a identificação de genes de resistência ou susceptibilidade do hospedeiro, em que atualmente ferramentas moleculares vêm auxiliando muito por não sofrerem influência do ambiente.

Durante o processo de obtenção de cultivares resistentes algumas questões devem ser avaliadas:

1. busca de fontes de resistência, que podem ser obtidas em cultivares da mesma espécie ou em espécies de mesma natureza, que possuam genes de resistência;
2. transferência de genes de resistência através de métodos de hibridação, como os retrocruzamentos, que prediz diversos cruzamentos de indivíduos segregantes com um parental. Outra opção é a adoção de multilinhas com vários genótipos resistentes, que diminuem as perdas de resistência em relação a quando é adotado o método de linhas puras com um único genótipo resistente;

3. delineamento da melhor estratégia para que a resistência se mantenha na cultivar;
4. avaliação da resistência de acordo com as formas biológicas especializadas do patógeno, uma vez que os patógenos apresentam diversas raças fisiológicas. Isto deve ser avaliado segundo a interação do patógeno e do hospedeiro, bem como a influência do ambiente nesta interação;
5. avaliação da complexidade da hereditariedade da resistência às doenças ou a raças fisiológicas; e
6. submissão de quantidades adequadas de intensidade da doença, para diferenciação dos hospedeiros em teste. A utilização de ambientes controlados é a melhor opção na identificação dos tipos de resistência (imunidade, moderadamente resistente, moderadamente suscetível e suscetível), ou caracterização de plantas suscetíveis e resistentes.

No processo de avaliação de genótipos resistentes deve ser observada a adequação quanto às raças predominantes e as condições ambientais apropriadas, para que não se corra o risco de eliminar genótipos resistentes. Outra questão é o amplo conhecimento das raças fisiológicas, para que seja realizado um teste rigoroso, principalmente quando há a possibilidade de condução em condições de casa-de-vegetação com o controle da temperatura e luminosidade. Por fim, para complementar os testes realizados em laboratório e casa-de-vegetação, devem ser realizadas avaliações em condições de campo que reflitam a diversidade de condições climáticas.

A resistência pode ser monogênica, ou vertical, em que o efeito de um gene pode ser isolado, por estar ligado à teoria do gene-a-gene, que dita a relação da existência de um gene de virulência do patógeno para cada gene de resistência do hospedeiro. Esta também pode ser denominada resistência qualitativa, que tem a característica de ser facilmente visualizada, porém existem limitações ligadas à sua durabilidade efetiva pela alta pressão exercida pelos patógenos.

Por outro lado, a resistência poligênica ou horizontal, que é governada por vários genes, por afigurarem efeitos iguais ou aditivos de resistência, exerce maior durabilidade nos diversos sistemas patogê-

nicos, por não suprimir o patógeno. Este tipo de resistência não é facilmente observado devido à variação da distribuição de patogenicidade, que é altamente diferenciada de ano para ano conforme a diversidade da intensidade das interações genótipo x ambiente.

### Referências bibliográficas

ALMEIDA, H.O.; BARBOSA, M.O.; MARQUES, A.E.; PEREIRA, T.H.A.; MAGALHÃES JÚNIOR, M.J.; TESSAROLLO, N.G.; GAMES, P.D.; BARROS, E.G.; STOLF-MOREIRA, R.; MARCELINO-GUIMARÃES, F.C.; ABDELNOOR, R.V.; PEREIRA, P.R.G.; BARACAT-PEREIRA, M.C. 2012. Enzimas marcadoras de indução de resistência diferencialmente reguladas em soja resistente e suscetível à ferrugem-asiática-da-soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47(2):163-172.

ALVES, M.C.; POZZA, E.A.; COSTA, J.C.B.; FERREIRA, J.B.; ARAÚJO, D.V. 2009. Intensidade do oídio *Microsphaera diffusa* Cke. & Pk. em cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merr.] sob diferentes temperaturas e períodos de molhamento foliar. **Ciência e Agrotecnologia**, 33:1926-1930.

AUCLAIR, J.; BOLAND, G.J.; KOHN, L.M.; RAJCAN, I. 2004. Genetic interactions between *Glycine max* and *Sclerotinia sclerotiorum* using a straw inoculation method. **Plant Disease**, 88(8):891-895.

BALARDIN, R.S. 2002. Doenças da Soja. **UFSM**. Santa Maria, RS. 107p.

BASTIEN, M.; Huynh, T.T; GIROUX, G.; IQUIRA, E.; RIOUX, S.; BELZILE, F. 2012. A reproducible assay for measuring partial resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Plant Science**, 92(1):279-288.

BASTIEN, M.; SOHNA, H.; BELZILE, F. 2014. Genome wide association mapping of *Sclerotinia sclerotiorum* resistance in soybean with a genotyping-by-sequencing approach. **The Plant Genome**, 7(1):1-13.

BOLAND, G.J.; HALL, R. 1986. Growth room evaluation of soybean cultivars for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Plant Science**, 66(1):556-564.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. 2013. Melhoramento de plantas. 6. ed. Viçosa: **Universidade Federal de Viçosa**, 523p.

BUENO, L.C.S.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, S.P. 2006. Melhoramento genético de plantas: princípios e procedimentos. 2. ed. Lavras: **Universidade Federal de Lavras**, 319p.

CANDEIA, R.A. Biodiesel de soja: síntese, degradação e misturas binárias. 2008. 132 f. Tese (doutorado) – **Universidade Federal da Paraíba**, João Pessoa, 2008.

CARMONA, M.; MOSCHINI, R.C.; CAZENAVE, G.; SAUTUA, F. 2010. Relación entre la precipitación registrada en estados reproductivos de la soja y la severidad de *Septoria glycines* y *Cercospora kikuchii*. **Tropical Plant Pathology**, 35(2):71-78.

CHANDRASEKARAN, A.; NASASIMHAN, V.; PAJAPPAN, K. 2000. Integrated management of anthracnose and pod blight of soybean. **Annals of Plant Protection Science**, 8:163-165.

CHEN, Y.; WANG, D. 2005. Two convenient methods to evaluate soybean for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, 89(12):1268-1272.

COSTA, I.F.D. Controle de doenças de final de ciclo . 2005. 116f. Tese (doutorado) – **Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria, 2005.

COSTA, I.F.D.; BALARDIN, R.S.; MEDEIROS, L.A.M.; LENZ, G.; GULART, C.A.; ZEMOLIN, C.R.; SILVA, T.M.B. 2009. Reação de germoplasma comercial de soja a *Colletotrichum truncatum*. **Tropical Plant Pathology**, 34(1):47-50.

CPC, CABI International. 2007. **Crop Protection Compendium**. Wallingford, UK. CABI International. Disponível em: <[www.cabicompendium.org/cpc](http://www.cabicompendium.org/cpc)>. Acesso em 26 jul. 2014.

CRUZ, M.F.A.; SOUZA, G.A.; RODRIGUES, G.Á.; SEDIYAMA, C.S.; BARROS, E.G. 2011. Reação de genótipos de soja à infecção natural por ferrugem asiática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46(2):215-218.

CUNHA, W.G.; TINOCO, M.L.P.; PANCOTI, H.L.; RIBEIRO, R.E.; ARAGÃO, F.J.L. 2010. High resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in transgenic soybean plants transformed to express and oxalate decarboxylase gene. **Plant Pathology**, 59(1):654-660.

DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. 1999. **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: UEL, 271-281.

EMBRAPA SOJA. 2014. **Tecnologias de Produção de Soja: região central do Brasil 2013 e 2014**. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/Tecnol2009.pdf>>. Acesso em 28 jul. 2014.

EMBRAPA SOJA. 2010. **Doença e Medidas de Controle da Soja**. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/doenca.htm>>. Acesso em 28 jul. 2014.

ESPÍNDOLA, S.M.C.G.; FINHOLDT, R.S.; FERREIRA JR., J.A.; KITANO, B.T.; DI MAURO, A.O. 2008. Avaliação da performance produtiva e agrônômica de genótipos de soja para a região de Jaboticabal, SP. **FAZU em Revista**, 8:20-24.

GARCIA, R.A.; JULIATTI, F.C.; CASSEMIRO, T.A. 2012. Produção de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* (lib.) De Bary em meio de cultura. **Bioscience Journal**, 28(1):1-7.

GODOY, C.V.; FLAUSINO, A.M.; SANTOS, L.C.M.; DEL PONTE, E.M. 2009. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**, 34(1):56-61.

GUIMARÃES, S.E.G.; ASSIS, R.T. Utilização de *Trichoderma* no manejo do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). 2013. In: SILVA, J.C.; SILVA, A.A.S.; ASSIS, R.T. **Sustentabilidade e Inovação no Campo**. COMPOSER, p.161-173.

HARTMAN, G.L.; SINCLAIR, J.B.; RUPE, J.C. eds. 1999. Compendium of soybean diseases 4th ed. **APS Press**, 100 p.

HARTWIG, E. E. 1986. Identification of a fourth major gene conferring resistance to soybean rust. **Crop Science**, 26:1135-1136.

HENNING, A.A.; ALMEIDA, Á.M.R.; GODOY, C.V.; SEIXAS, C.D.S.; YORINOI, J.T.; COSTAMILAN, L.M.; FERREIRA, L.P.; MEYER, M.C.; SOARES, R.M.; DIAS, W.P. 2004. Manual de identificação de doenças de soja. Documentos 256, **EMBRAPA**, Londrina.

HIRAKURI, M.H.; CASTRO, C.de; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; PROCOPIO, S.deO.; BALBINOT JUNIOR, A.A. 2014. Indicadores de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil. Documentos 351, **EMBRAPA**, Londrina.

HOFFMAN, D. D.; HARTMAN, G. L.; MUELLER, D. S.; LEITZ, R. A.; NICKELL, C. D.; PEDERSEN, W. L. 1998. Yield and seed quality of soybean cultivars infected with *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, 82:826-829.

HUYNH, T.T.; BASTIEN, M.; IQUIRA, E.; TURCOTTE, P. BELZILE, F. 2010. Identification of QTLs Associated with Partial Resistance to White Mold in Soybean Using Field-Based Inoculation. **Crop Science**, 50:969-979.

JULIATTI, F.C.; SAGATA, E.; SOUZA, D.de; FILHO, J.; JULIATTI, B.C.M. 2013. Reação de genótipos de soja transgênicos e convencionais à podridão branca da haste. **Bioscience Journal**, 29(4):921-931.

JULIATTI, F.C. **Modo de ação dos fungicidas sobre plantas e fungos**. Disponível em: <<http://ppi-ppic-ipi.org/ppiweb/pbrazil.nsf>>. Acesso em: 01 mai. 2007.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Eds.) 2005. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 4. ed. **Agronômica Ceres**, 2:569-588.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>> Acesso em 06 ago. 2014.

MARCO UNIVERSAL. **Meio ambiente: nosso futuro comum**. Marco universal II. Disponível em: <<http://www.marcouniversal.com.br>>. Acesso em: 12 jul. 2014.

- MARTINS, M.C.; GUERZONI, R.A.; CÂMARA, G.M.S.; MATTIAZZI, P.; LOURENÇO, S.A.; AMORIM, L. 2004. Escala diagramática para a quantificação do complexo de doenças de final de ciclo em soja. **Fitopatologia Brasileira**, 29(2):179-184.
- MCDONALD, B. A.; LINDLE, C. 2002. Pathogen population genetics, evolutionary potential and durable resistance. **Annual Review of Phytopathology**, 40:349-379.
- MESQUINI, R. M.; VIEIRA, R.A.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; GODOY, C.V. 2011. Relações de causa e efeito entre condições ambientais, urediniósporos e severidade de ferrugem- asiática da soja. **Bioscience Journal**, 27(4):552-557.
- MAPA. 2014. **Soja**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em 29 jul. 2014.
- MONTEROS, M. J., MISSAOUI, A. M., PHILLIPS, D. V., WALKER, D. R., BOERMA, H. R. 2007. Mapping and confirmation of the ‘Hyyuga’ red-brown lesion resistance gene for Asian soybean rust. **Crop Science**. 47:829-836.
- PEREIRA, D.G.; SEDIYAMA, T.; REIS, M.S.; CRUZ, C.D.; GOMES, J.L.L.; TEIXEIRA, R.C. 2012. Avaliação da severidade do oídio [*Erysiphe diffusa* (U. Baun & S. Takam)] em genótipos de soja, em condições de campo. **Revista Caatinga**. 25(3):23-30.
- PARLEVLIET, J.E. 1997. Present concepts in breeding for disease resistance. **Fitopatologia Brasileira**, 22:7-15.
- PESSOA, M.C.P.Y.; FERRACINI, V.L.; CHAIM, A.; SCRAMIN, S. 2004. Software AGROS-CRE – Apoio a avaliação de tendência de transporte de princípios ativos de agrotóxicos. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Meio Ambiente**, 24 p.
- PIMENTA, C.B.; JULIATTI, F.C.; JUNIOR, J.N. 2011. Efeito do tratamento de semente com fungicidas associado à pulverização foliar no controle da ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathológica**, 37(4):187-193.
- PRETTY, J. 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. **Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences**, 363(1491):447-465.

RIBEIRO, D.H.B. e VIEIRA, E. **Avaliação do potencial de impacto dos agrotóxicos no meio ambiente.** Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2010\\_2/agrotoxicos/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2010_2/agrotoxicos/index.htm)>. Acesso em 06 ago. 2014.

ROCHA, M.R.; CARVALHO, Y.; CORRÊA, G.C.; CATTINI, G.P.; PAOLINI, G. 2006. Efeito de doses crescentes de calcário sobre a população de *Heterodera glycines* em soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 36:89-94.

SANTILLI, J. 2009. **Agrobiodiversidade e direitos dos agricultores.** São Paulo: Peirópolis, 519 p.

SINCLAIR, J.B.; HARTMAN, G.L. 1995. Management of soybean rust. In: SOYBEAN RUST WORKSHOP, 1995, Urbana. Proceedings... Urbana: **College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences**, 6-10.

SOARES, R.M. 2009. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha alvo da soja. **Tropical Plant Pathology**, 34(5):333-338.

TOMITA, R.Y.; BEYRUTH, Z. 2003. Toxicologia de agrotóxicos em ambiente aquático. **O Biológico**. 64(2):135-142.

TSCHURTSCENTHALER, N.N.; VIEIRA, E.S.N.; NORA, T.D.; SCHUSTER, I. 2012. Variabilidade genética de *Phakopsora pachyrhizi* avaliada por meio de marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47(2):181-186.

VALARINI, J.P.; KUWAHARA, M.Y. 2010. O mercado da soja: evolução da commodity frente aos mercados internacional e doméstico. **Revista da Graduação em Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas**, São Paulo, 4(6):jan.-jun.

VUONG, T.D.; DIERSA, B.W.; HARTMANN, G.L. 2008. Identification of QTL for resistance to Sclerotinia stem rot in soybean plant introduction 194639. **Crop Science**, 48(1):2209-2214.

VUONG, T.D.; HARTMAN, G.L. 2003. Evaluation of soybean resistance to Sclerotinia stem rot using reciprocal grafting. **Plant Disease**, 87(2):154-158.

- WANG, J.; LIU, C.; WANG, J.; QI, Z.; LI, H.; HU, G.; CHEN, Q. 2010. An integrated QTL map of fungal disease resistance in soybean (*Glycine max* L. Merr): a method of meta-analysis for mining R gene. **Agricultural Sciences in China**, 9(2):223-232.
- WANG, T.C.; HARTMAN, G.L. 1992. Epidemiology of soybean rust and breeding for host resistance. **Plant Protection Bulletin**, 34(2):109-124.
- WEGULO, S.N.; YANG, X.B., MARTINSON, C.A. 1998. Soybean cultivar responses to *Sclerotinia sclerotiorum* in field and controlled environment studies. **Plant Disease**, 82(11):1264-1270.
- YANG, X.B.; LUNDEEN, P.; UPHOFF, M.D. 1999. Soybean varietal response and yield loss caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, 83: 456-461.
- YORINORI, T.J. Risco de surgimento de novas doenças na cultura da soja. In: ORNELLAS, A.P.; YUYAMA, M.M.; CAMARGO, T.V. (Edit.). CONGRESSO DE TECNOLOGIA E COMPETITIVIDADE DA SOJA NO MERCADO GLOBAL, 2000. Cuabá, Anais... Cuiabá: Fundação MT, 2000, p.165-169.
- ZENG, W.; WANG, D.; KIRK, W.; HAO, J. 2012. Use of *Coniothyrium minitans* and other microorganisms for reducing *Sclerotinia sclerotiorum*. **Biological Control**, 60(2):225-232.



# MANEJO DE GRANDES CULTIVOS PARA ALTAS PRODUTIVIDADES

*Fernando Simoni Bacilieri<sup>1</sup>*

## **Produtividade e rendimento**

A produtividade pode ser definida como a relação entre a produção e os fatores de produção utilizados. Quanto maior a relação entre a quantidade produzida por fatores utilizados, maior é a produtividade. No ambiente agrônomo, produtividade é definida como a quantidade de produção por unidade de área ou rendimento em  $\text{kg ha}^{-1}$ , sendo que o sucesso da atividade agrícola atual depende diretamente de altos rendimentos.

Já em relação a rendimento, é necessário entender que existem diferentes tipos de rendimentos. Na safra 20013/2014, o rendimento médio das lavouras de soja foi 50,95 sacas  $\text{ha}^{-1}$ ; para milho 85,15 sacas  $\text{ha}^{-1}$ , e para feijão, 18,63 sacas  $\text{ha}^{-1}$  (segundo Conab 2013).

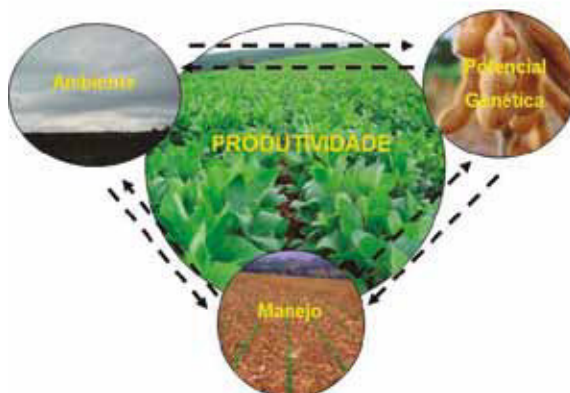
O máximo rendimento econômico da lavoura refere-se ao limite de tecnologia possível adotada pelo agricultor capaz de lhe fornecer retorno econômico positivo. O potencial de rendimento das lavouras pode ser atingido por utilização de todas as tecnologias disponíveis ao agricultor, porém em algumas situações são inviáveis economicamente, ou seja, são casos nos quais o custo pago pela tecnologia é mais alto que os incrementos em produtividades atingidos. O máximo rendimento das culturas pode ser definido por pesquisas, como é o caso do milho, cuja safra os pesquisadores afirmam que é possível produzir até 633 sacas  $\text{ha}^{-1}$ . Sabe-se que em condições de campo, esses níveis de produtividade não são atingidos devido a fatores depreciadores de produtividade.

## **Pilares para altas produtividades**

Altas produtividades podem ser atingidas em função da interação dos três pilares: ambiente x manejo x potencial genético.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Especialista em Manejo de Solos Tropicais – ESALQ. Mestrando em Ciências do Solo na Universidade Federal de Uberlândia – UFU. E-mail: ferbacilieri@zipmail.com.br



**Figura 1.** Pilares para obtenção de altas produtividades.

## Ambiente

É fundamental que o ambiente ofereça condições adequadas para suprir as exigências das culturas e para que o potencial genético possa ser expresso.

A disponibilidade hídrica pode ser a primeira limitação ao desenvolvimento dos cultivos. A água constitui aproximadamente 90% do peso da planta, atuando em, praticamente, todos os processos fisiológicos e bioquímicos. Desempenha a função de solvente dos gases, minerais e outros solutos que entram nas células e movem-se pela planta. Tem, ainda, papel importante na regulação térmica da planta, agindo tanto no resfriamento como na manutenção e distribuição do calor (EMBRAPA, 2009).

Para a cultura da soja, a necessidade hídrica varia de 450 a 800 mm, desde que bem distribuídos e que não falte água principalmente na fase de germinação-emergência e florescimento-enchimento de grãos (EMBRAPA, 2009). Nas diversas regiões brasileiras, o milho consome, em média, de 450 a 600 mm de água durante todo o seu ciclo (FEPAGRO, 1996; MATZENAUER *et al.*, 1998; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000), exigindo um mínimo de 350 mm, para que a produção não seja significativamente afetada.

A cultura do feijão exige um mínimo de 300 mm de precipitação durante a cultura para que produza a contento, sem a necessida-

de de utilização de irrigação. Melhores produtividades são obtidas com 340 a 370 mm. (DA SILVA *et al.*, 2009)

A temperatura atua diretamente em todas as fases da cultura e em processos de fisiológicos, bem como na respiração, fotossíntese e na absorção de água e nutrientes.

As condições ótimas de temperatura para a cultura da soja estão entre 20°C e 30°C, sendo 30°C a temperatura ideal para seu desenvolvimento, visto que o crescimento vegetativo da soja é pequeno ou nulo em temperaturas menores ou iguais a 10°C (EMBRAPA, 2009).

De acordo com Shaw (1977), as maiores produções de milho ocorrem onde as temperaturas nos meses mais quentes oscilam de 21°C a 27°C. Para FANCELLI; DOURADO NETO (2000), a produtividade do milho pode ser reduzida em temperaturas acima de 35°C devido a alterações no aproveitamento do nitrogênio.

A temperatura média ideal para o desenvolvimento da cultura do feijão varia de 18 a 24°C, durante o dia e, de 15 a 21°C, durante a noite. O efeito das altas temperaturas é maior quando associado a baixos níveis de umidade no solo. Nesse caso, há um elevado abortamento de flores e vagens, formação de vagens mal granadas e perda da qualidade da produção (EMBRAPA, 2005).

A luminosidade é essencial para os processos fotossintéticos. A afirmação “A agricultura é a arte de colher luz” é verdadeira e, para que isso aconteça, as plantas devem em absorver o máximo da radiação solar para transformá-la em fotoassimilados.

A soja apresenta alta sensibilidade ao fotoperíodo, ou seja, ao comprimento do dia, variável com a cultivar. Determinada cultivar é induzida ao florescimento quando o fotoperíodo, ao decrescer, atinge valores iguais ou inferiores ao mínimo crítico exigido pela variedade. Esta é a razão pela qual é considerada uma planta de dias curtos.

O melhoramento genético da cultura do milho busca plantas de menor altura e menor massa vegetativa. Estas características morfológicas determinam menor sombreamento dentro da cultura, o que permite pequeno espaçamento entre plantas para melhor aproveitamento de luz (DA SILVA *et al.*, 2006).

Tem-se observado que, períodos prolongados de baixa luminosidade, geralmente, provocam uma redução do número de ramos laterais

no feijoeiro e do número de folhas por planta. Além disso, as plantas poderão apresentar abortamento das flores e vagens do baixeiro que são responsáveis pelos grãos maiores e maior quantidade de grãos por vagem.

O conjunto de propriedades do solo que propiciam o desenvolvimento vegetal é chamado de Fertilidade do Solo. O conceito de solo como meio para o crescimento vegetal é uma noção antiga desde os primórdios da agricultura. De fato, as características físicas, químicas e biológicas dos solos condicionam o crescimento vegetal, ao fazer variar a capacidade de retenção de água, a solubilidade dos elementos minerais, as transformações minerais e bioquímicas, a lixiviação dos nutrientes e o pH.

O solo é importante para o crescimento vegetal, pois supre as plantas com fatores de crescimento, permite o desenvolvimento e distribuição das suas raízes e possibilita o movimento dos nutrientes, de água e ar nas superfícies radiculares (Malavolta, 2006).

As necessidades nutricionais de qualquer planta são determinadas pela quantidade de nutrientes que ela extrai durante o seu ciclo. Esta extração total dependerá, portanto, do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e nas partes que compõem a planta, ou seja, raiz, caule, folhas, etc. Isso sugere que é necessário colocar à disposição da planta a quantidade total de nutrientes que ela extrai, que devem ser fornecidos pelo solo e através de adubações.

A exigência nutricional da soja mostra que a extração de nutrientes pela parte aérea da planta (grãos + palha) obedece a seguinte ordem:  $N > K > S > C > Mg = P$ . Entretanto, dos macronutrientes, 84% de N, 87% de P, 56% de K, 15% de Ca, 22% de Mg e 65% de S são exportados pelos grãos e, com base nisto, a ordem de exportação fica:  $N > K > S > P > Ca > Mg$ . (EMBRAPA SOJA, 2008).

Para a cultura do milho, observa-se que a extração de N, P, K, Ca e Mg aumentam linearmente com o aumento na produção, e que a maior exigência do milho refere-se a N e K, seguindo-se Ca, Mg e P. No que se refere à exportação dos nutrientes nos grãos, o fósforo é quase todo translocado para as sementes (80 a 90%), seguindo-se o nitrogênio (75%), o enxofre (60%), o magnésio (50%), o potássio (20-30%) e o cálcio (10-15%). Isso implica que a incorporação dos restos culturais do milho devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente potássio e cálcio, contidos na palhada.

O feijoeiro é considerado uma planta exigente de nutrientes, em função do pequeno e pouco profundo sistema radicular e do ciclo curto. Por isso, é fundamental que o nutriente seja colocado à disposição para a planta em tempo e local adequados. Embora encontrem-se disparidades na literatura com relação às quantidades de nutrientes absorvidas pelo feijoeiro, normalmente a exigência é maior que a da soja, por exemplo. As quantidades médias de nutrientes exportados por 1.000 kg de grãos citadas em várias pesquisas são: 35,5 kg de N, 4,0 kg de P, 15,3 kg de K, 3,1kg de Ca, 2,6 kg de Mg e 5,4 kg de S. (Rosolem, 1994)

## **Manejo**

O pilar manejo é onde os profissionais e agricultores podem adotar práticas que contribuam diretamente para altos patamares de produtividade. Aqui é necessário pensar na construção de um ambiente favorável ao desenvolvimento das culturas minimizando efeitos negativos do ambiente causadores de estresse.

Para Larcher (2000), estresse é um desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, os quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanente. De acordo com Taiz e Zieger (2004), estresse pode ser definido como um fator externo que exerce uma influência desvantajosa para a planta. O estresse pode ter origem em fatores abióticos, como luminosidade, disponibilidade hídrica, temperatura, umidade do solo e do ar, gases, minerais, ventos, geadas, granizos, entre outros, ou em fatores bióticos como ataque de pragas, doenças, ervas daninhas, poluição, fogo, defensivos agrícolas, etc. Assim, o conhecimento da influência efetiva dos fatores que determinam o desempenho da planta poderá contribuir de forma decisiva para a minimização de estresses de naturezas diversas. Ainda, tal fato favorecerá a predição ou previsão da duração das etapas de desenvolvimento da planta, bem como a coincidência dessas etapas com condições desfavoráveis de oferta dos fatores de produção (Fancelli 2008).

O plantio direto trouxe diversos benefícios, tais como, a maior retenção de água no solo, facilidade de infiltração da água no solo, motivando a redução da erosão e perda de nutrientes por arrasto para

as partes mais baixas do terreno, enriquecimento do solo por manter matéria orgânica na superfície do solo por mais tempo com maior atividade biológica e menor compactação do solo.

Entre os fatores que interferem na produção normal das culturas destacam-se as plantas daninhas que competem por água, luz, nutrientes e espaço. Para a cultura da soja, a mato-competição nos primeiros 40-50 dias pode reduzir de 20 a 30% a produtividade, além de prejudicar ainda as operações de colheita causando perdas e contaminações, reduzindo a qualidade do produto colhido.

São diversas as possibilidades de manejo das plantas daninhas na cultura da soja. As diferentes formas de manejo podem ser utilizadas isoladamente ou em combinação de duas ou mais, visando à eficácia, economicidade e praticidade (CORREIA; REZENDE, 2008). Para a cultura do milho, a redução do rendimento da cultura devido à competição estabelecida com as plantas daninhas pode variar de 12 até 100%, em função da espécie, do grau de infestação, do tipo de solo, das condições climáticas reinantes no período, além do estágio fenológico da cultura. Os estudos de mato-competição realizados com feijão têm demonstrado o elevado grau de interferência das plantas daninhas sobre a sua produtividade (Salgado *et al.*, 2007; Teixeira *et al.*, 2009).

A operação de plantio tem grande importância para atingirem-se altos patamares produtivos. Com relação à uniformidade de espaçamentos entre as plantas distribuídas na fileira, podem ocorrer grandes falhas que influenciam na produtividade da cultura (TOURINO *et al.*, 2002). Por esse motivo, a classificação de sementes de soja por largura, semelhante ao milho, tornou-se uma necessidade técnica para a obtenção de lavouras com alto potencial de rendimento (COPETTI, 2003).

De acordo com Rambo *et al.* (2003), a melhor distribuição de plantas na área pode contribuir para o aumento da produtividade, pois permite o melhor aproveitamento da água, da luz e dos nutrientes disponíveis no solo, com os quais concordam Ventimiglia *et al.* (1999) e Tourino *et al.* (2002). Alguns fatores influenciam diretamente no desempenho do mecanismo dosador das máquinas semeadoras, podendo-se destacar, principalmente, a velocidade de deslocamento da semeadora e a qualidade física das sementes. De acordo com Cantarelli (2005), a prática de corrigir a densidade de semeadura utilizando os

valores da germinação ou do vigor de lotes de sementes de baixa qualidade fisiológica pode ser útil em estabelecer uma população de plantas adequada ou mais próxima do desejado.

A manutenção da área foliar das culturas com práticas adequadas de controle de pragas e doenças também contribui para o rendimento das culturas. No caso da soja, as plantas apresentam capacidade de recuperação à desfolha sofrida. A área foliar restante, após o ataque dos desfolhadores (lagartas, vaquinhas, gafanhotos, etc.), se a desfolha não for drástica, capaz de realizar fotossíntese suficiente para garantir a produção de energia, será revertida em boa nutrição para a planta, fazendo com que a produção final por área não seja afetada.

O rendimento de grãos para o milho (e o número de grãos) aumenta, significativamente, com os incrementos do índice de área foliar (IAF) variando de 3 a 6, segundo resultados obtidos no “Corn-Belt” americano (Fancelli, 2008). Para a cultura do feijão, a redução da área foliar é uma das causas da queda de produtividade, isto porque a produção está diretamente relacionada à capacidade fotossintética das plantas e, portanto, na dependência do índice de área foliar (WATSON, 1947; PETERSON *et al.*, 1998).

Os bioativadores são substâncias minerais ou orgânicas indutoras da síntese de hormônios endógenos, capazes de aumentar a produtividade das plantas (Castro, 2006). Produtos que, além de sua ação antifúngica, devido à grande capacidade da planta para absorvê-los, como as estrobilurinas, possuíam efeitos fisiológicos positivos no rendimento das culturas sobre as quais eram aplicadas, causando possíveis alterações no metabolismo e crescimento (KÖEHLE *et al.*, 1994).

Inseticidas como Tiametoxame Aldicarb proporcionam maior produtividade, folhas mais verdes, com mais clorofila e maior desenvolvimento. Tiametoxam e Aldicarb são comumente aplicados no controle de pragas iniciais de numerosas culturas. Efeito do Aldicarb no vigor foi observado em milho, soja e feijoeiro. Tiametoxam também aumentou a produção de soja, feijoeiro e milho.

O emprego de novas tecnologias que proporcionem incrementos de produtividade e melhorem o aproveitamento dos recursos disponíveis, visando à sustentabilidade dos sistemas agrícolas e evitem prejuízos, torna-se estratégico. Os bioestimulantes são misturas de regula-

dores vegetais, ou de reguladores vegetais com outros compostos de natureza bioquímica diferente, como aminoácidos, nutrientes e vitaminas (Vieira 2001).

Estes produtos têm efeito de hormônios vegetais como auxina, citocinina e giberilinas, e estão sendo amplamente utilizados em situações críticas das culturas, como germinação, crescimento vegetativo, florescimento e enchimento de grãos com objetivo de melhorar o desempenho e contribuir positivamente nos componentes de produtividade das plantas.

Bertolin *et al.* (2010) verificou que o bioestimulante proporcionou incremento no número de vagens por planta e na produtividade de grãos tanto em aplicação via sementes quanto via foliar. Todavia, a maior produtividade não foi relacionada ao maior crescimento da parte aérea, considerando-se a altura das plantas, ramos por planta, altura de inserção da primeira vagem.

Em relação ao aumento da produtividade, o bioestimulante foi mais efetivo quando aplicado na fase reprodutiva. Prada Neto *et al.* (2010) concluíram que a cultura do milho apresentou resposta positiva em produtividade à aplicação dos bioestimulantes. Nascente *et al.* (2011) observaram que a aplicação de umbioestimulante nos estádios R5 e R7, na dose de 250 ml ha<sup>-1</sup>, proporcionou maior produtividade de grãos de feijão em relação à não utilização do produto.

## Genética

Os programas de melhoramento de plantas, independentemente da cultura que se está trabalhando, possuem alguns objetivos em comum. (BESPALHOK. F, 2006). Como principais objetivos, destacam-se: aumento da produtividade, aumento da qualidade do produto, incorporação de novas áreas, proteção a doenças e pragas, obtenção de novas variedades para colheita mecanizada, dentre outros.

O fenótipo, ou seja, as características observáveis resultam da expressão dos genes do organismo, da influência de fatores ambientais e da possível interação entre os dois. Desta forma, é necessário entender que não adianta escolher o melhor material genético sem fornecer condições adequadas para máxima expressão produtiva do potencial genético. Este tipo de raciocínio sugere também que a transferência de

materiais genéticos de um local para outro, pode alterar seu desempenho em ambientes com condições distintas.

O milho ocupa uma posição de destaque na economia brasileira, pois seu cultivo vai do Norte ao Sul do país, sendo superado, apenas pela cultura da soja. Por estar presente na agricultura de todo o Brasil, associa-se uma grande diversidade em relação às tecnologias e aos insumos utilizados, assim como às épocas de plantio, finalidades de uso e o perfil socioeconômico do produtor (LOGUERCIO, L. L. *et. al.*, 2002).

Ainda se tem dúvidas de onde teria surgido o milho, visto que este cultivar não cresce de forma selvagem. Porém, no início do século 20, descobriu-se que o milho teria um ancestral chamado de teosinto, que seria uma gramínea proveniente do México.

Em 1930, George Beadle, percebeu que os cromossomos do teosinto e do milho eram bem parecidos, e fez experiências com híbridos do milho e do teosinto, que, segundo Beadle, pareciam ser espécies intermediárias. Concluiu que o milho seria da mesma espécie do teosinto, sendo então, o milho uma forma domesticada do teosinto.

Mais tarde, John Doebley liderou uma pesquisa que tinha o intuito de rastrear a paternidade do milho. Foram recolhidas mais de 60 espécies de teosinto, e seu DNA foi comparado com o DNA de todas as variedades de milho. Com este estudo, foi descoberto que todas as variedades se mostraram similares a um tipo de teosinto encontrado no Vale do Rio Balsas, que está localizado no sul do México. Doebley sugeriu, então, que este era o ancestral do milho. Com essa informação, foi possível descobrir, também, que a domesticação do milho começou há nove mil anos atrás (FERREIRA, 2010).

Os objetivos principais do melhoramento genético no milho, o desenvolvimento de variedades com alto teor nutritivo e, para a agricultura empresarial, o desenvolvimento de híbridos com alto potencial produtivo, sem dúvida, contribuirão para o aumento da produção de grãos (VILARINHO, 2003).

Os efeitos do melhoramento podem ser vistos também no aumento da produtividade média nacional. De 1220 kg/ha na safra 1977/78, a produtividade média nacional saltou para 5360 kg/ha em 2012/2013. São 4140 kg/ha de aumento na produtividade em apenas 35 anos. Deve-se considerar que 50% desse aumento aconteceu devido

ao melhoramento genético e os outros 50% devido às melhorias nas condições de cultivo.

A soja, que hoje é cultivada mundo afora, é muito diferente dos ancestrais que lhe deram origem: espécies de plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do Rio Amarelo, na China. Sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais, entre duas espécies de soja selvagem, que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China.

Apesar de conhecida e explorada no Oriente há mais de cinco mil anos (é reconhecida como uma das mais antigas plantas cultivadas do Planeta), o Ocidente ignorou o seu cultivo até a segunda década do século vinte, quando os Estados Unidos (EUA) iniciaram sua exploração comercial (primeiro como forrageira e, posteriormente, como grão).

A soja chegou ao Brasil via Estados Unidos, em 1882. Gustavo Dutra, então professor da Escola de Agronomia da Bahia, realizou os primeiros estudos de avaliação de cultivares introduzidas daquele país. Em 1891, testes de adaptação de cultivares semelhantes aos conduzidos por Dutra na Bahia foram realizados no Instituto Agrônômico de Campinas, Estado de São Paulo (SP).

Assim como nos EUA, a soja no Brasil dessa época era estudada mais como cultura forrageira - eventualmente também produzindo grãos para consumo de animais da propriedade - do que como planta produtora de grãos para a indústria de farelos e óleos vegetais.

Em 1900 e 1901, o Instituto Agrônômico de Campinas, SP, promoveu a primeira distribuição de sementes de soja para produtores paulistas e, nessa mesma data, tem-se registro do primeiro cultivo de soja no Rio Grande do Sul (RS), onde a cultura encontrou efetivas condições para se desenvolver e expandir, dadas as semelhanças climáticas do ecossistema de origem (sul dos EUA), dos materiais genéticos existentes no País, com as condições climáticas predominantes no extremo sul do Brasil.

O primeiro registro de cultivo de soja no Brasil data de 1914 no município de Santa Rosa, RS. Mas foi somente a partir dos anos 40 que ela adquiriu alguma importância econômica, merecendo o primeiro registro estatístico nacional em 1941, no Anuário Agrícola do RS: área cultivada de 640 ha, produção de 450t e rendimento de 700 kg/ha.

A soja é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas três décadas e corresponde a 49% da área plantada em grãos do país. No cerrado, o cultivo da soja tornou-se possível graças aos resultados obtidos pelas pesquisas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em parceria com produtores, industriais e centros privados de pesquisa.

Os avanços no melhoramento genético da soja buscam plantas com ciclo mais curto, maior índice de colheita, maior capacidade de explorar o solo, maior eficiência de uso dos nutrientes, maior capacidade de fixar vagens e maior enchimento de grãos, possibilitando o incremento da produtividade média por hectare, atingindo os maiores índices mundiais. O aumento da produtividade está associado aos avanços tecnológicos, ao manejo e eficiência dos produtores. O Brasil poderá atingir a liderança na produção mundial de soja na nova temporada, em meio a um crescimento esperado para a safra 2014/15 de grãos e oleaginosas.

A importância do feijão na alimentação humana é comprovada em relatos que remontam aos primeiros registros históricos de que se tem notícia. O feijoeiro era cultivado no Antigo Egito e na Grécia, onde recebiam cultos em sua homenagem, por serem considerados símbolo da vida. Já os antigos romanos usavam o feijão em suas festas e até mesmo como forma de pagamento para apostas, (CIFEIJAO, 2011).

O feijão é uma cultura de grande importância econômica, social, nutricional e funcional. É cultivado por pequenos e grandes produtores com adoção de diferentes níveis tecnológicos e produtividade média baixa. O consumo nas várias regiões do país orienta a pesquisa, direcionando a produção e comercialização do produto (Embrapa, 2011).

O melhoramento genético vem desenvolvendo linhagens que possibilitam reduzir o ciclo do feijoeiro em até 20 dias, o que seria uma opção vantajosa para os agricultores (Barbosa *et al.*, 2005). A precocidade é uma característica bastante estudada e que vale o investimento. Feijoeiros com ciclo menor que noventa dias, algo próximo de 65 ou setenta dias seria uma grande alternativa para ser aproveitada em períodos que o solo fica ocioso por falta de uma cultura de ciclo curto e rentável. Obter variedades com essa característica é um desafio em razão da escassez de genótipos com esse perfil para servirem como genitores (GRUPO CULTIVAR, 2011).

A arquitetura da planta tem sido o conjunto de características mais trabalhado nos últimos anos, em razão da necessidade de variedades para a colheita mecanizada. Variedades com hábito de crescimento ereto, haste mais resistente ao acamamento e maior altura na inserção da primeira vagem são o tipo de planta ideal para essa necessidade da mecanização, que se associa aos avanços da irrigação e da semeadura direta (GRUPO CULTIVAR, 2011).

Alguns pontos importantes tratando-se de melhoramento genético do feijoeiro estão relacionados com cultivares como, por exemplo, suscetíveis ou resistentes ao vírus do mosaico dourado, resistentes a murcha de fusarium, a antracnose e a mancha angular, cultivares tolerantes a seca e alta temperatura e melhor capacidade de cozimento do feijão.

A cultura do feijoeiro no Brasil é submetida a vários estresses bióticos devido a patógenos. Esses causam redução expressiva na produtividade e afetam a qualidade do produto.

Entre as alternativas de controle, o uso de cultivares mais resistentes tem sido procurado. Os programas de melhoramento genético no Brasil têm dado ênfase na obtenção de linhagens mais resistentes às doenças devido aos vírus, fungos e bactérias. Entre as fúngicas a antracnose, incitada pelo *Colletotrichumlindemuthianum* (Sacc & Magnus) e a mancha angular *Phaeoisariopsisgriseola* (Sacc & Ferraris) tem recebido maior atenção (INFOBIBOS, 2011).

Com o aumento de cultivos sucessivos de feijoeiro no Brasil, sobretudo em áreas irrigadas, alguns problemas fitossanitários têm-se acentuado. Entre eles, vem ganhando importância, a murcha-de-fusário causada pelo fungo *Fusariumoxysporum* Schlecht. f.sp. phaseoliKendrick e Snyder. Ainda persistem algumas dúvidas sobre o melhor método de avaliação da resistência a essa doença e, que, uma vez solucionada, pode otimizar a eficiência das avaliações em grande escala nos programas de melhoramento.

Quando se discute potencial genético, deve-se ter presente que quase sempre é impossível reunir na mesma variedade ou híbrido, elevado potencial produtivo associado a maior resistência ou tolerância a fatores bióticos ou abióticos, ou seja, pelo melhoramento genético convencional, toda vez que se introduzem genes para melhorar o potencial produtivo, se deteriora resistência ou tolerância e, até o momen-

to, mesmo pela transgenia não é tão fácil agregar estes dois atributos (produtividade e resistência) num mesmo material (Pazzetti, 2012).

### **Considerações finais**

Para atingir o rendimento potencial em cada lavoura e em cada safra, é necessário conhecer e maximizar os fatores que contribuem positivamente com as produtividades e reduzir fatores depreciadores dos rendimentos. O grau em que a melhoria desses fatores múltiplos é possível ou economicamente viável irá determinar qual fração do rendimento potencial será atingido.

Alta produtividade é o resultado do sinergismo do conjunto de práticas de manejo, melhoramento genético e fatores ambientais que interferem na manifestação do potencial produtivo das culturas.

### **Referências bibliográficas**

BARBOSA, A.F.A.; RAMALHO, M.A.P.; SILVA, F.B.; MORETO, A.L. **Obtenção de linhagens precoces de feijoeiro resistentes a patógenos com grãos tipo carioca**. Disponível em: acessado em :01/08/2014.

BERTOLIN, D.C.; DESÁ, M.E.; ARF, O.; JUNIOR, E.F.; COLOMBO, A.S.; DE CARVALHO, F.L.B.M. **Aumento da produtividades de soja com a aplicação de bioestimulantes**. *Bragantia*, Campinas, v.69, n.2, p.339-347, 2010

BESPALHOK F, J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. **Introdução ao Melhoramento de Plantas**. In: BESPALHOK F, J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. *Melhoramento de Plantas*. Disponível em [www.bespa.agrarias.ufpr.br](http://www.bespa.agrarias.ufpr.br), p.1-9

CANTARELLI, L.D.; SCHUCH, L.O.B.; PICOLI, V.A.; SCHIAVON, R.; MIELEZRSKI, F.; PANOZZO, L. **Distribuição espacial de plantas de aveia branca (*Avena sativa* L.), em função do vigor de sementes**. In: XIX SEMINÁRIO PANAMERICANO DE SEMILLAS, 2004, ASSUNÇÃO. 2004, v.1, p.292.

CASTRO, P.R.C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**. *Série produtor rural*, Piracicaba, n.32, 46p., 2006.

CIFEIJAO, Disponível em: <<http://www.cifeijao.com.br/index.php?p=historico>> acessado em: 09/08/2014.

COPETTI, E. Plantadoras: distribuição de sementes. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n.18, p.14-17, 2003.

CORREIA, N.; REZENDE, P. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja. São Paulo, 2008. 55 p. Tese (Doutorado em produção vegetal). **UNESP**.

CULTIVARES DE SOJA 2007/2008: Regiões Norte e Nordeste. Londrina: Embrapa Soja: FAPCEN, 2007. 36p. (**Embrapa Soja**. Documentos, 284).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Recomendações técnicas para o cultivo do milho. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 204p.

EMBRAPA. Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região central do Brasil. 1998/99. Londrina: 1998. 182p. (**EMBRAPA-CNPSO**. Documentos, 120).

EMBRAPA. Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região central do Brasil. 1999/2000. Londrina: 1999. 226p. (**Embrapa Soja**. Documentos, 132; Embrapa Agropecuária Oeste, 5).

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil - 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 262p. (**Embrapa Soja**. Sistemas de Produção, n.13).

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 225p. (**Embrapa Soja**. Sistemas de Produção, n.11).

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja: Mato Grosso do Sul, safra 2001/2002. Dourados, 2001. 179 p. (**Embrapa Agropecuária Oeste**. Sistemas de Produção, 1).

EMBRAPA TRIGO Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2008/melhoramento-de-feijao-na-embrapa-trigo/>> acessado em: 01/08/2014.

FANCELLI, A.L. & D. DOURADO-NETO. Produção de Milho. Ed. **Agropecuária**, Guaíba. 360 p., 2000.

FEPAGRO. **Recomendações técnicas para a cultura do milho no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1996. 121p. (FEPAGRO. Boletim Técnico, 30).

GRUPO CULTIVAR, Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/artigos/artigo.asp?id=248>> acessado em: 01/08/2014.

INFOBIBOS, Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_1/MelFeijoeiro/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/MelFeijoeiro/index.htm)> acessado em: 01/08/2014.

KÖEHLE, H.; GROSSMANN, K.; JABS, T.; GERHARD, M.; KAISER, W.; GLAAB, J.; CONRATH, U.; SEEHAUS, K.; HERMS, S. Physiological effects of strobilurin fungicide F 500 on plants. **Biochemical Society Transactions**, London, v. 22, n. 65, 1994.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo. Ceres. 2006. 638 p.

MATZENAUER, T.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, H.A. Evapotranspiração - II: relações com a evapotranspiração do tanque classe A e com evapotranspiração de referência e com radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Campinas, v.6, n.1, p.15-21, 1998.

NASCENTE, A. S.; DANTAS, D. DOS S.; COBUCCI, T.; LIMA, D. A. DE P.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, P. de Avaliação de Biozyme na produtividade do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., 2011, Goiânia. **Anais**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2011.

PAZZETTI, G. A.; Estratégias de manejo para altas produtividades. **Boletim Passarela da soja e milho**, n.4, Fundação Bahia, p.13, 2012.

PRADA NETO, I.; ULLMANN, B; PEREIRA, L.R.; SCUDELER, F.; VITAL, M.; FRANCO, G. e IOSSI, M.F Efeitos de bioestimulantes, aplicados via semente, na cultura do milho (*ZeamaysL.*). In: **XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. CD-Rom.

PETERSON, R.K.D.; HIGLEY, L.G.; HAILE, L.G.; BARRIGOSI, A.F. Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) injury affects photosynthesis of *Glycine max* and *Phaseolus vulgaris*. **Environmental Entomology**, Lanham, v.27, n.2, p.373-381, 1998.

RAMBO L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G. Rendimento de grãos de soja em função do arranjo de planta. **Ciência Rural**, v.33, n.3, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil, p.405-411, 2003.

SALGADO, T. P. I. *et al.* Interferência das plantas daninhas no feijoeiro carioca. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 443-448, 2007.

SHAW, R.H. Climatic requirements. In: CORN and com improvement. Madison: **American Society of Agronomy**, 1977. p.591-623. (ASA. Agronomy, 18).

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 559p.

TEIXEIRA, I. R. *et al.* Competição entre feijoeiros e plantas daninhas em função do tipo de crescimento dos cultivares. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 235-240, 2009.

TOURINO, M.C.C.; REZENDE, P.M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônomicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1071-1078, 2002.

VENTIMIGLIA, L.A. *et al.* Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dosespaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.195-199, 1999.

VIEIRA, E.L. **Aplicação de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba-RS: Agropecuária, 2001. 132p.

WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, London, v.11, n.41, p.41-76, 1947.

# USO DE LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA

*Jorge Luiz da Paixão Filho<sup>1</sup>*

*Mario Luiz Rodrigues Foco<sup>2</sup>*

## Introdução

A melhoria na qualidade de vida da população somente foi possível com a adoção de medidas de mitigação, controle e prevenção de doenças. O saneamento básico é um conjunto de procedimentos adotados para criar as barreiras sanitárias, e tem como pilares o tratamento de água, a coleta e o tratamento de esgoto, assim como a disposição adequada dos resíduos sólidos e drenagem da água superficial.

O tratamento de esgoto sanitário realiza-se por sequências de processos físicos, químicos e biológicos, que simulam os fenômenos de depuração que ocorrem naturalmente em um corpo d'água após receber esgoto. Porém, de forma controlada, visando a estações mais compactas. Os procedimentos constituem-se, primeiramente, da separação de sólidos sedimentáveis no tratamento primário; depois ocorre a conversão de sólidos dissolvidos e coloidais em metabólicos, por processos biológicos no tratamento secundário. Os produtos finais do processo de tratamento de esgoto são: a) efluente tratado ou esgoto tratado; b) lodo contendo parte da matéria orgânica inicialmente presente no esgoto bruto; c) gases que são lançados na atmosfera.

No Brasil a maioria das estações de tratamento de esgoto (ETE) em operação realiza somente a remoção da matéria carbonácea presente no esgoto sanitário, por meio dos tratamentos primário e secundário, gerando efluente que ainda contém nutrientes e pode causar o fenômeno de eutrofização dos corpos hídricos. Dessa forma, a adoção do tratamento terciário, mais sofisticado e oneroso, será necessária para satisfazer, no futuro, padrões de lançamento mais restritivos com relação às concentrações de nutrientes.

<sup>1</sup> Técnico em Agricultura e Pecuária – ETA/Franca; Tecnólogo em Saneamento, Mestre e Doutorando em Engenharia Civil – Saneamento e Ambiente – FEC/Unicamp.

<sup>2</sup> Tecnólogo em Saneamento, Mestre e Doutorando em Engenharia Civil – Saneamento e Ambiente – FEC/Unicamp.

O volume de esgoto tratado no Brasil cresceu significativamente nos últimos anos, abrindo espaço a uma demanda para destinação adequada do lodo gerado nas ETE brasileiras, a qual deverá ser ambientalmente correta e economicamente viável.

O lodo de ETE apresenta-se tipicamente com baixo teor de sólidos, o que dificulta o seu manuseio e requer tratamento. Do total de sólidos presentes, a maior fração corresponde a compostos orgânicos, 70%-80%, além de quantidades apreciáveis de contaminantes orgânicos e inorgânicos. As características e composição da água residuária (efluente industrial ou esgoto sanitário) e o tipo de processo de tratamento empregado são fatores que influenciam nas características do lodo de esgoto.

O volume de lodo produzido está diretamente relacionado com o volume de esgoto tratado e representa cerca de 1%-2%, e o custo relativo de sua disposição final está entre 30%-50% do custo operacional de uma ETE (ANDREOLI *et al.*, 1999).

O tratamento do lodo compreende operações como adensamento, desagumamento, estabilização, higienização e secagem. Essas medidas reduzem o volume desse resíduo, visando diminuir os custos de transporte e disposição, além de melhorar sua qualidade, possibilitando a aplicação na agricultura. Em virtude desse elevado custo no gerenciamento do lodo de esgoto, a sua disposição final tem sido inadequada no Brasil. Segundo informações da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008, somente 12% dos municípios brasileiros dispõem corretamente o lodo gerado (IBGE, 2010).

A aplicação de lodo de esgoto na agricultura pode reduzir os custos de disposição, bem como providenciar parte da necessidade de nitrogênio e fósforo para diversas culturas agrícolas. Dessa forma, o lodo de esgoto deixa de ser considerado como problema e passa a ser um recurso disponível nos centros urbanos. Em estudo realizado sobre a viabilidade de três destinos para o lodo de lagoa (aterro sanitário, coprocessamento em forno de cimento e disposição em solo agrícola), a melhor opção esteve relacionada à disposição no solo, com custo de R\$ 135,00/t, seguida da disposição em aterro sanitário, com custo de R\$ 160,00/t e, por último, o coprocessamento a um custo de R\$240,00/t (FRANÇA *et al.*, 2011). Entretanto, a viabilidade da aplicação de lodo

de esgoto na agricultura não deve ser somente econômica e sim pertencente a outros fatores: ambiental e técnica.

O lodo de esgoto é um material heterogêneo, assim, para a sua utilização na agricultura, é de grande importância a realização de um planejamento antes e um monitoramento após a sua aplicação. Antes da aplicação, é relevante avaliar o potencial agrônomo do lodo de esgoto, pois a partir deste será estabelecida a taxa de aplicação em tonelada por hectare. A aplicação de taxas elevadas poderá fornecer nutrientes em excesso que não serão aproveitados pela cultura e poderá causar excessiva lixiviação de nitrato e contaminar o lençol freático. No entanto, a aplicação de taxas menores irá ocasionar deficiência de nutrientes e reduzir a produtividade.

A aceitação de efluente industrial na rede coletora de esgoto poderá inviabilizar a aplicação do lodo produzido, pois, conforme as características da fonte geradora desse efluente, há a possibilidade de conter compostos inorgânicos que poderão ser transferidos da fase líquida para a fase sólida (lodo). A determinação dos compostos inorgânicos: As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Mo, Ni, Se e Zn, no lodo, deve ser cuidadosamente analisada, pois aplicações sucessivas desses compostos podem acumular no solo e entrar na cadeia alimentar.

A escolha da cultura que receberá a aplicação de lodo de esgoto é um ponto fundamental. Não é permitida a aplicação em culturas olerícolas, tubérculos, raízes, culturas inundadas, pastagem e demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo (BRASIL, 2006). Essas restrições são muito válidas, pois o lodo pode conter ovos viáveis de helmintos, salmonella e vírus entérico.

A análise do lodo de esgoto das cidades de Bernardino de Campos, Coronel Macedo, Fartura, Itaberá e Sarutáia, no estado de São Paulo, apresentaram concentrações de compostos inorgânicos e concentração de patógenos abaixo do permitido pela resolução CONAMA 375/2006 e estavam aptos para a aplicação agrícola (SILVA, 2012). O lodo de esgoto dessas cidades é oriundo do sistema de tratamento de esgoto sanitário por lagoas, facultativa em Coronel Macedo e sistema australiano (lagoa anaeróbia seguida por lagoa facultativa) nas demais. O tratamento de esgoto por lagoas é bastante utilizado no Brasil, totalizando 27%, segundo dados do IBGE (2010). Uma vantagem da

utilização do lodo de lagoas é que o tratamento é de esgoto predominantemente sanitário, ou seja, o lodo não terá um elevado percentual de metais e a demanda para utilização do lodo é próxima da ETE.

### Características do lodo de esgoto

A produção de lodo é uma característica dos processos de tratamento de esgoto e o seu gerenciamento é uma etapa essencial. O lodo de esgoto contém parte da fração sólida do esgoto bruto e os sólidos produzidos durante o tratamento da água residuária, constituindo-se de mais de 95% de água. Seu uso agrícola é uma forma de suplementar o fornecimento de nitrogênio e fósforo para as plantas (NRC, 2002).

Nos EUA são produzidos cerca de 5,6 milhões de toneladas de lodo seco por ano e aproximadamente 60% são aplicados no solo como fertilizante (NRC, 2002). No Brasil, ainda não existem dados precisos sobre sua disposição na agricultura.

O lodo de esgoto contém matéria orgânica, macro e micronutrientes que, aplicados no solo, podem melhorar a produção agrícola e promover a manutenção da fertilidade do solo (TSUTIYA, 2001). A presença desses elementos no lodo depende do processo de tratamento adotado e de sua origem (doméstico, industrial). A Tabela 1 apresenta os valores de nutrientes do lodo de esgoto dos respectivos processos adotados.

**Tabela 1** – Teor de nutrientes e carbono em lodo de esgoto no Brasil

Estação	Tipo de lodo	N	P	K	C <sub>org</sub>	Ca
		%				
Barueri (SP)	Lodo ativado	2,25	1,48	0,01	21,0	7,29
Franca (SP)	Lodo ativado	9,15	1,81	0,35	34,0	2,13
Belém (PR)	Lodo ativado	4,19	3,70	0,36	32,1	1,59
UASB (PR)	Anaeróbio	2,22	0,67	0,95	20,1	0,83
Eldorado (ES)	Lagoa anaeróbia	2,00	0,20	0,04		
Mata da Serra (ES)	Lagoa facultativa primária	2,00	0,20	0,05		
Valparaíso (ES)	Lagoa de sedimentação	4,00	3,5	0,07		
Coronel Macedo (SP)	Lagoa facultativa primária	1,42	0,37	0,02		

Fonte: adaptado de Andreoli *et al.*, 2001.

O nitrogênio é o elemento mais exigido por culturas agrícolas e, em razão do seu elevado teor no lodo de esgoto, é determinante o aproveitamento desse material na agricultura (RAIJ, 1991; FERREIRA e ANDREOLI, 1999). Quanto ao fósforo (P) e potássio (K), suas concentrações estão abaixo do recomendado para as culturas agrícolas, demandando suplementação. Em estudo com cultura de cana-planta, a aplicação de lodo de esgoto forneceu 30% do recomendado para P e 100% de N (FRANCO, 2010); na cultura do eucalipto a aplicação de lodo supriu 100% de N e 66 % de P (FIRME, 2009). Esses resultados demonstram que a aplicação de lodo contribui para a economia de fertilizantes comerciais, preservando os recursos naturais (DYNIA *et al.*, 2006).

### **Lodo de esgoto e estado nutricional de plantas**

O estado nutricional de plantas pode ser avaliado por meio de teores de nutrientes em órgãos específicos como folha, raízes, caule e flores. A análise de folhas, por sua vez, baseia-se no princípio de que, se o solo é rico em um elemento, o teor deste nas folhas também será alto (MALAVOLTA, 1989). Nas folhas ocorrem vários processos fisiológicos e sua análise serve como base do estado nutricional das plantas.

A aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto influencia significativamente na concentração de nitrogênio nas folhas de roseira da variedade ‘Carola’ (PAIXÃO FILHO *et al.*, 2014). A aplicação de lodo de esgoto melhora a absorção de outros nutrientes, não somente de nitrogênio, presente em maior quantidade no lodo. Chiba *et al.* (2008) encontraram maiores teores de P nas folhas da cultura de cana-de-açúcar que recebeu lodo de esgoto. Quando os nutrientes não são limitantes, a planta apresenta bom desenvolvimento da parte aérea e das raízes. Na aplicação de lodo de esgoto em roseira houve aumento da biomassa total da planta e também foi verificada maior área foliar (PAIXÃO FILHO *et al.*, 2014).

Outro aspecto correlacionado ao estado nutricional das plantas é a produtividade. Na cultura do girassol, por exemplo, a aplicação de lodo de esgoto proporcionou incremento na produtividade de grãos (LOBO e GRASSI FILHO, 2007). Outras pesquisas também demonstraram os aspectos benéficos da aplicação de lodo de esgoto na agri-

cultura em diversas culturas, como cana-de-açúcar, milho, café, feijão, arroz, algodão, eucalipto, girassol, sorgo e mamoeiro.

### **Matéria orgânica do lodo de esgoto e relações entre aspectos físicos do solo e sistema radicular de plantas**

Os teores de matéria orgânica no lodo de esgoto variam de 35% a 80% e sua aplicação no solo permite a incorporação de uma quantidade expressiva de matéria orgânica (MELFI e MONTES, 2000). Sua aplicação influencia as propriedades físicas do solo, tais como: densidade, estrutura e capacidade de retenção de água. Em solos altamente intemperizados, como os da região tropical, a matéria orgânica promove a retenção de cátions e a liberação de nutrientes como o nitrogênio (MELO *et al.*, 2001).

Vários estudos demonstraram os efeitos positivos da aplicação de lodo de esgoto sobre as propriedades físicas do solo: densidade (VEGA *et al.*, 2005); aumento da macroporosidade, diminuição da microporosidade (DE MARIA *et al.*, 2010) e redução da dispersão de argilas em água (FILIZOLA *et al.* 2006). A disposição de lodo de esgoto no solo favorece a formação de agregados, facilita a penetração das raízes e a vida microbiana pela elevada quantidade de matéria orgânica (TSUTIYA, 2001) e, além disso, proporciona menor perda de água por escoamento superficial, já que ocorre aumento da infiltração (MACEDO *et al.*, 2006).

A aplicação de lodo de esgoto tem consequências variadas para o sistema solo-planta (raízes), a matéria orgânica do lodo melhora a estrutura física do solo em virtude da agregação das partículas, melhorando o desenvolvimento do sistema radicular. No entanto, pode ocorrer menor desenvolvimento desse sistema por causa do aumento da disponibilidade de nutrientes próximos às raízes, reduzindo assim o número de raízes finas que são responsáveis pela absorção de nutrientes e água.

O estudo do sistema radicular e seu desenvolvimento pode aperfeiçoar o uso racional de fertilizantes e água, minimizando os impactos negativos da agricultura no meio ambiente (VAN NOORDWIJK *et al.*, 1993). Na aplicação de lodo de esgoto na agricultura, o conhecimento prévio do sistema radicular evitaria perdas significativas de nutrientes, como o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), que é facilmente lixiviado no perfil do

solo, atingindo as águas subterrâneas. A ingestão de água com concentração superior a  $10 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{L}^{-1}$  pode causar a meta-hemoglobinemia, principalmente em crianças (BOEIRA *et al.*, 2009).

No trabalho desenvolvido por Vega *et al.* (2005), o uso de lodo de esgoto na cultura da pupunheira alterou a densidade de raízes positivamente e aumentou a biomassa radicular proporcionalmente à dose de lodo aplicada. Nas doses de lodo duas a quatro vezes superiores ao recomendado para a cultura houve um aprofundamento do sistema radicular e ampliação da quantidade de raízes finas. Na aplicação de lodo de esgoto de lagoa facultativa em roseira houve maior massa seca de raízes nos tratamentos que receberam lodo de esgoto (PAIXÃO FILHO *et al.*, 2014). Os autores ressaltam que não houve diferença estatística para a massa seca das raízes entre o tratamento com aplicação de lodo de esgoto e fertilizante mineral. Quanto maior o desenvolvimento do sistema radicular, maior a capacidade competitiva da planta para a retirada de água e nutrientes (BOUMA *et al.*, 2000). Contudo, o aumento das doses de lodo de esgoto aplicado em eucalipto diminuiu a densidade, o diâmetro e a superfície específica de raízes finas, quando comparado com o tratamento testemunha (MARTINS *et al.*, 2004). Os autores concluíram que as plantas que receberam lodo de esgoto não necessitaram de uma translocação de fotoassimilados da parte aérea para a formação de raízes, tendo em vista que a aplicação de lodo de esgoto proporcionou macro e micronutrientes em quantidades satisfatórias (MARTINS *et al.*, 2004).

Quando é utilizada cal para estabilizar o lodo de esgoto, esse é chamado de lodo calado e sua aplicação na agricultura é condicionada à elevação do pH do solo, que não pode ultrapassar o valor de 7,0 conforme Resolução Conama n° 375/06 (BRASIL, 2006). O tratamento com cal reduz a concentração de nitrogênio por meio da volatilização da amônia com o aumento do pH e da temperatura (TEIXEIRA PINTO, 2001). Segundo Chiba *et al.* (2008) lodos que receberam estabilização por cal quando adicionados ao solo tendem a atuar primeiro sobre o pH do solo, já que os solos brasileiros são ácidos. Na avaliação do sistema radicular, Alcântara *et al.* (2003) verificaram que a incorporação de dois tipos de lodo de esgoto (seco e calado) não proporcionou aumento da fitomassa radicular do algodoeiro herbáceo. O desenvolvimento do sistema radicular das plantas pode estar ligado a atributos

do solo como menor concentração de alumínio e maior concentração de fósforo e cálcio (FERRAZ, 2009). Por isso, a calagem do solo ou a calcação do lodo pode interferir no melhoramento do sistema radicular.

Além dos efeitos sobre os atributos físicos do solo e sobre o desenvolvimento radicular das plantas, a aplicação do lodo influencia a matéria orgânica nativa do solo, que tem papel primordial para a nutrição de plantas e produtividade agrícola (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

O conhecimento prévio das características do lodo, como a relação C/N, está ligado a sua degradação pelos microrganismos do solo e contribui para a previsão de seu comportamento (BOEIRA *et al.* 2002). Os fenômenos envolvidos com a disposição de matéria orgânica no solo são: mineralização e imobilização. A disponibilidade de nutrientes presentes no lodo para a planta ocorre em consequência da mineralização da matéria orgânica, e a “retirada” do nutriente do solo por microrganismos é chamada de imobilização. Esses processos são influenciados pela relação carbono e nitrogênio (C/N) do resíduo, por fatores inerentes ao crescimento microbiano, assim como pela qualidade e taxa de aplicação do resíduo orgânico (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Geralmente, com relação  $C/N < 20$  ocorre a mineralização e com  $C/N > 30$  a imobilização (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). A mineralização da matéria orgânica do lodo de esgoto é dependente da origem do lodo e do processo de tratamento utilizado (BOEIRA *et al.* 2002). Pesquisas sobre a fração de mineralização (FM) de nitrogênio de lodos de esgoto em condições de solos tropicais são restritas e em número reduzido (ANDRADE *et al.* 2010). A origem e o sistema de tratamento dos lodos mais estudados no Brasil são da cidade de Barueri e Franca, muito embora ambos sofram digestão anaeróbia (BOEIRA *et al.* 2002), e a ETE de Jundiaí, com sequência de lagoas aeradas e de decantação (GONÇALVES, 2005) e lodo ativado com aeração prolongada (CAS, 2009).

O Brasil utiliza como parâmetro básico o grau de estabilização do lodo para a determinação da FM, adotando apenas quatro classes: 40% lodo de esgoto não digerido; 30% lodo de esgoto digerido aerobiamente; 20% de lodo de esgoto digerido anaerobiamente e 10% de lodo compostado (Conama 375/2006). É importante determinar a fração de mineralização de nitrogênio com o solo que irá receber a aplicação do lodo de esgoto.

## Considerações finais

A aplicação de lodo de esgoto pode trazer vários benefícios para a agricultura e o ambiente. No entanto, é importante ressaltar que a aplicação deve ser acompanhada por um profissional habilitado e que é necessário um curso sobre os aspectos relevantes do lodo com os moradores da área que irá receber a aplicação. O Brasil já deu um grande passo no estabelecimento de normas para aplicação do lodo de esgoto na agricultura. Agora é primordial estabelecer um elo entre os gestores do saneamento básico e agricultores para facilitar a logística, a demanda e a oferta do produto de interesse.

## Referências bibliográficas

ALCÂNTARA, R.; KONIG, A.; BELTRÃO, N. E. M. Aplicação do lodo de esgoto na cultura do algodoeiro herbáceo. II-Fitomassa radicular. In: **Congresso Brasileiro do algodão**, Goiânia. Anais do Congresso Brasileiro do Algodão, 2003.

ANDRADE, C. A.; BOEIRA, R. C.; PIRES, A. M. M.; Nitrogênio presente no lodo de esgoto e a resolução nº 375 do Conama. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. **Uso agrícola do lodo de esgoto: avaliação após a resolução nº 375 do Conama**. Botucatu: Fepaf. Cap 8. 2010.

ANDREOLI, C. V. (Org.); LARA, A. I. (Org.); IHLENFELD, R. G. K. (Org.). **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura - PROSAB**. Rio de Janeiro: Finep, 1999. 97p.

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S.; FERNANDES, F. Disposição do lodo no solo. In: ANDREOLI, C. V.; SPERLING M. V.; FERNANDES F. **Lodo de esgoto: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; SANEPAR, 484p. 2001.

BOEIRA, C. R. Lixiviação de nitrogênio em latossolo incubado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 33, p. 947-958, 2009.

BOEIRA, R. C.; LIGO, M. A. V.; DYNIA, J. F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília. v. 37, n.11, p.1639-1647. 2002.

BOUMA, T. J.; NIELSEN, K. L.; KOUTSTAAL, B.; Sample preparation and scanning protocol for computerised analysis of root length and diameter. **Plant and soil**. Jan. 2000.

BRASIL (2006) Resolução nº. 375 de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Diário Oficial da União, n. 167, de 30 de agosto de 2006. p. 141-146.

CAS, V. L. S. **Mineralização do carbono e do nitrogênio no solo com o uso de lodo de esgoto e palha de aveia**. Dissertação. 2009. (Mestrado em ciência do solo). Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 68p.

CHIBA, M. K.; MATTIAZO, M. E.; OLIVEIRA, F. C.; Cultivo de cana-de-açúcar em argissolo tratado com lodo de esgoto. II – Fertilidade e nutrição de plantas. **Revista brasileira de ciência do solo**. v. 32. n. 2. Viçosa. Março – abril. 2008.

DE MARIA, I. C.; CHIBA, M. K.; COSTA. A.; BERTON, R. S. Sewage sludge application to agriculture land as soil physical conditioner. **Revista brasileira de ciência do solo**. v. 34. p. 967-974. 2010.

DYNIA, J. F.; BOEIRA, R. C.; SOUZA, M. D. Nitrito no perfil de um latossolo vermelho distroférrico cultivado com milho sob aplicações sequenciais de lodo de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed). **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna. Embrapa meio ambiente. 2006, 349p.

FERRAZ, A. V. Ciclagem de nutrientes e metais pesados em plantios de *Eucalyptus grandis* adubados com lodos de esgoto produzidos em diferentes estações de tratamento da região metropolitana de São Paulo. 2009. (Dissertação de mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba., 120p.

FERREIRA, A. C.; ANDREOLI, C. V. Risco associado ao uso do lodo de esgoto. In: **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. PROSAB, Curitiba. 1999, 97p.

FILIZOLA, H. F.; SOUZA, M. D.; GOMES, A. F.; BOEIRA, R. T. Aspectos físicos de um solo tratado com lodo de esgoto: Estabilidade de agregados e argila dispersa em água. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A (Eds). **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Embrapa meio ambiente, Jaguariúna. Cap 8. 2006.

FIRME, L. P. Produção de madeira e elementos potencialmente tóxicos no sistema solo-eucalipto tratado com lodo de esgoto. 2009. (Tese de doutorado). Centro de energia nuclear na agricultura da Universidade de São Paulo.

FRANCO, A; ABREU JR, C. H.; PERECIN, D.; OLIVEIRA, F. C.; RIBEIRO GRANJA, A. C.; BRAGA, V. S. (2010). Sewage sludge as nitrogen and phosphorus source for cane-plant and first ratoon crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 553-561.

FRANÇA, J. T. L; STEFANUTTI, R.; CORAUCCI FILHO, B.; ANARUMA FILHO, F; FRANÇA, L. L. L. Remoção de lodo de lagoas de estabilização e seu acondicionamento em bag. **Revista DAE**. n. 185. Janeiro de 2011, p. 53-63.

GONÇAVES, F. T. A. **Dinâmica do nitrogênio em solo tratado com lodo de esgoto e cultivado com café**. 2005. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Agroambientais). Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, 73p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro. ISBN 978-85-240-4135-8 (meio impresso). 2010.

LOBO, T. F; GRASSI FILHO, L. H. Níveis de lodo de esgoto na produtividade do girassol. **Revista de la Ciencia Suelo y Nutrición Vegetal**. 2007, v. 7, n. 3, p. 16-25. 2007.

MACEDO, J. R.; SOUZAS, M. D.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Atributos físicos e hídricos em solo tratado com lodo de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A (Eds). **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Embrapa meio ambiente, Jaguariúna. Cap. 11. 2006.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres. 1989. 292p.

MARTINS, L. F. S.; POGGIANI, F.; OLIVEIRA, R. F.; GUEDES, M. C. GONÇALVES, J. L. M. Características do sistema radicular das árvores de *Eucalyptus grandis* em resposta à aplicação de doses crescente de bio sólidos. **Scientia Forestalis**. v. 65. p. 207-218. Jun. 2004.

MELFI, A. J.; MONTES, C. R. Impactos dos bio sólidos sobre o solo. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; (EDS.) **Bio sólidos na agricultura**. São Paulo: Sabesp, Cap 9. 2001.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V.P. O USO DO BIOSSÓLIDO E AS PROPRIEDADES DO SOLO. IN: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; (Eds.) **Bio sólidos na agricultura**. São Paulo: Sabesp, Cap 11. 2001.

MOREIRA, F. M. S. E SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2. ed., Lavras-MG, Editora UFLA. 2006, 729p.

NRC. National Research Council. **Biosolids Applied to Land: Advancing Standards and Practices**. Committee on Toxicants and Pathogens in Biosolids Applied to Land ISBN: 0-309-57036-0, 368p. 2002.

PAIXÃO FILHO, J. L.; CORAUCCI FILHO, B.; TONETTI, A. L. Use of stabilization pond sludge in cultivation of roses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Online), v. 18, p. 85-89. 2014.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres e Associação Potafos, 1991, 303p.

SILVA, N. B. Avaliação química e ecotoxicológica de lodos de esgoto visando à utilização na agricultura. 2012. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas-SP.

TEIXEIRA PINTO, M. A. Higienização de lodos. In: Andreoli, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodos de esgoto: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária DESA– UFMG, 69-121p. 2001.

TSUTIYA, M. T. Característica de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgoto. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; (Eds.) **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: Sabesp, Cap 4. 2001.

VAN NOORDWIJK, M; BROUWER; HARMANNY, K. Concepts and methods for studying interactions of roots and soil structure. **Geoderma**, v. 56. p. 351-375. 1993.

VEGA, F. V. A.; BOVI, M. L. A.; GODOY JÚNIOR, G.; BERTON, R. S. Lodo de esgoto e sistema radicular da pupunheira. **Revista Brasileira de ciência do solo**. v. 29. p. 259-268. 2005.



## EFICIÊNCIA PRODUTIVA NA CULTURA DO MILHO

*Adilson Nunes da Silva<sup>1</sup>*

*Halan Vieira de Queiroz Tomaz<sup>2</sup>*

*Rafael Tadeu de Assis<sup>3</sup>*

O milho é um os dez cereais mais produzidos no mundo (FAO, 2013), com produção de aproximadamente 960 milhões de toneladas. Os Estados Unidos, a China, o Brasil e a Argentina são os maiores produtores, representando 70% da produção mundial (PIONEER, 2014). Devido ao seu potencial produtivo, seu valor nutritivo, composição química e multiplicidade de aplicações assumem relevante papel socioeconômico, além de ser uma indispensável matéria-prima de diversos complexos agroindustriais. A produção de milho é destinada principalmente para alimentação animal e produção de etanol. Nos Estados Unidos da América, a produção anual está em torno de 336 milhões de toneladas (USDA, 2012), enquanto a produção no Brasil é cerca de 78 milhões de toneladas (CONAB, 2013).

Por suas características fisiológicas e seu mecanismo fotossintético C4, a cultura do milho tem alto potencial produtivo, já tendo alcançado produtividades superiores a 16 t ha<sup>-1</sup>, em concursos de produtividade desenvolvidos por órgãos de assistência técnica e extensão rural e por empresas produtoras de sementes no Brasil (COELHO *et al.*, 2003). Apesar de seu alto potencial produtivo, o milho é sensível a diferentes tipos de estresses de natureza biótica e abiótica, assim a produção deve ser realizada de forma planejada com o objetivo de se obter a melhor manifestação de sua capacidade produtiva (ANDRADE, 1995). Dois importantes fatores ambientais que causam estresse à cultura do milho ocasionando diminuição na produção de grãos são o déficit hídrico e a baixa disponibilidade de nitrogênio no solo (BÄNZIGER *et al.*, 2000).

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, doutorando, bolsista FAPESP. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, ESALQ / USP. Piracicaba, SP. Email: nunesagr@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, doutorem Fitotecnia. Professor na Universidade Potiguar. Email: halanvieira@gmail.com

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutorando do Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia (UFU); Professor no curso de Agronomia do centro Universitário do Planalto de Araxá- Uniaraxa. Email: rafaellassis@uniaraxa.edu.br

A produtividade do milho está associada com a atividade metabólica do carbono e do nitrogênio (N), tendo este último um papel direto no acúmulo de matéria seca nos grãos (SWANK *et al.*, 1982). O nitrogênio afeta a produção de matéria seca do milho, tendo influência no desenvolvimento e manutenção da área foliar, e na eficiência fotossintética desta cultura (MUCHOW, 1998). Este nutriente tem importantes funções no metabolismo das plantas, participando como integrante de moléculas de proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos, citocromos, clorofila, dentre outros. A adubação nitrogenada influencia não só a produtividade do milho, mas também a qualidade do produto em consequência do aumento do teor de proteína nos grãos (SABATA & MASON, 1992).

As plantas de milho quando submetidas ao déficit hídrico apresentam uma diminuição do potencial de água, causando o fechamento estomático e, conseqüentemente, a diminuição da fotossíntese e assimilação de carbono (OTEGUI *et al.*, 1995). Os principais efeitos da falta de água em plantas de milho são a diminuição da matéria seca (biomassa) e da produção de grãos, principalmente se ela ocorrer no período do pendoamento e espigamento (BÄNZIGER *et al.*, 2000).

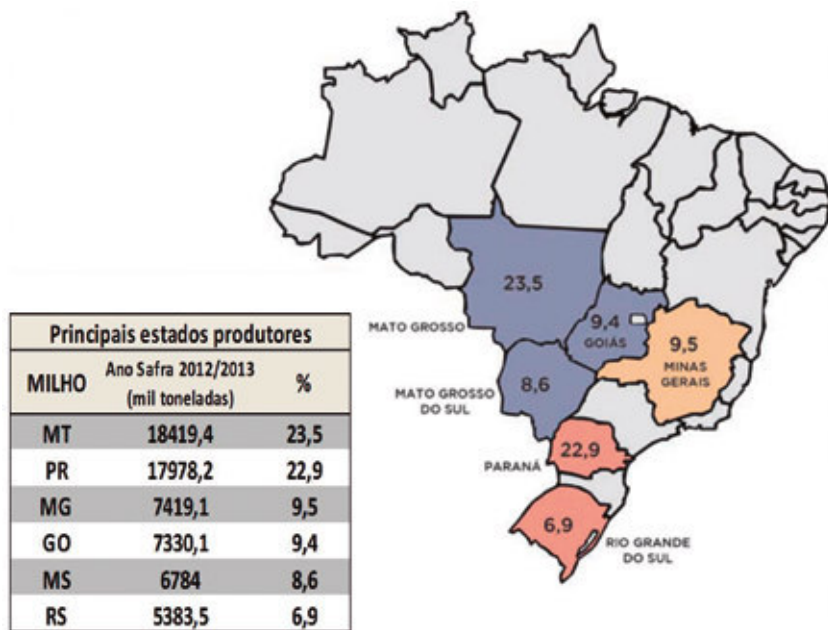
Em resposta a esses problemas, as empresas de produção de sementes, através do melhoramento genético, estão realizando cada vez mais estudos a fim de se obterem genótipos mais tolerantes a estes fatores estressantes do ambiente. Em conjunto com o melhoramento, instituições de pesquisa públicas e privadas estão avaliando novas tecnologias de manejo que possam proporcionar um melhor aproveitamento dos recursos naturais, diminuindo o impacto causado pelos fatores do ambiente produtivo.

### **Importância da cultura do milho para o Brasil**

A produção de milho no Brasil apresenta uma taxa de crescimento em torno de 4% ao ano. O país é o terceiro maior produtor do cereal no mundo, superado apenas pelos Estados Unidos e China (AGRIANUAL, 2013). Cultivado em diferentes sistemas produtivos, é produzido principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, sendo os principais estados produtores o Paraná, Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul, como pode

ser observado no mapa e na tabela da Figura 1. Um estudo das projeções de produção do cereal no país, realizado pela Assessoria de Gestão Estratégica do Mapa, indica aumento de 19,11 milhões de toneladas entre as safras de 2008/2009 e 2019/2020. Em 2019/2020, a estimativa de produção é de 70,12 milhões de toneladas e, para 2022/23, a produção projetada é de 93,6 milhões de toneladas (BRASIL, 2014).

A cadeia produtiva do milho é uma das mais importantes do agronegócio brasileiro, correspondendo a 37% da produção nacional de grãos do país. A demanda crescente, tanto nacional como internacional, reforça o grande potencial do setor. Em conjunto com a soja, o milho é insumo básico para a avicultura e a suinocultura, dois mercados extremamente competitivos internacionalmente e geradores de receita para o Brasil (BRASIL, 2007). Existe uma tendência da demanda por milho ser cada vez maior, devido ao desenvolvimento dos países asiáticos, aumentando o consumo dos grãos para a fabricação de rações, e pela utilização do cereal para a produção de etanol pelos Estados Unidos.



**Figura 1.** Produção de milho no Brasil, em toneladas, safra 2012/2013 (BRASIL, 2014).

## Melhoramento genético para produção de grãos em larga escala

A disponibilidade no mercado de sementes de genótipos de milho com altas produtividades e com características de tolerância a estresses abióticos, principalmente o estresse hídrico por falta de água, é um desafio dos programas de melhoramento. A adaptação de plantas a ambientes adversos ou situações sob fatores ambientais limitantes envolve a adaptação a estresses múltiplos, com interações diretas e indiretas. Assim, é muito importante a identificação e a caracterização de genótipos, bem como os estudos sobre a interação e sobreposição de mecanismos, tanto do ponto de vista fisiológico quanto bioquímico e molecular.

Resultados satisfatórios têm sido obtidos com o melhoramento do milho para a seca, gerando genótipos tolerantes (MONNEVEUX *et al.*, 2006). Também têm sido realizados trabalhos com relação à arquitetura das plantas visando melhorias no sistema radicular, para aumentar a absorção de água e nutrientes, e disposição das folhas na planta, a fim de melhorar a interceptação dos raios solares sobre o dossel.

Em relação à fisiologia, as melhorias podem ser atribuídas a diversos fatores, tais como a manutenção e longevidade das folhas ou estado *stay-green*<sup>3</sup> (THOMAS & HOWARTH, 2000); a progressão da senescência é normalmente visível a olho nu quanto existe a perda de clorofila. Além de estar relacionado à tolerância a deficiência de água, o estado “staygreen” aumenta a tolerância a pragas e doenças, diminui o acamamento das plantas, torna a cultura tolerável ao maior adensamento de plantio e está relacionado ao aumento de produtividade.

A eficiência na absorção, distribuição e uso efetivo dos nutrientes pela planta também é bastante importante para a produção de milho. A eficiência no uso de fertilizantes depende da habilidade que as raízes da planta têm em obter altas concentrações do nutriente que estão disponíveis no solo. Dessa forma, os melhoristas, objetivando sistemas radiculares mais efetivos, têm estudado variações na morfologia do sistema radicular e nos parâmetros cinéticos entre genótipos de milho (ANGHINONI *et al.*, 1989), evidenciando a importância da manipulação dos mesmos nos programas de melhoramento genético para a obtenção de cultivares mais eficientes na absorção de nutrientes.

<sup>3</sup> *stay-green*” é o termo genérico dado a um indivíduo em que a senescência foliar acontece mais tarde em comparação com a de um genótipo de referência padrão.

A morfologia do sistema radicular é determinada pelo comprimento, volume, superfície e raio das raízes e dos pelos radiculares (SCHENK & BARBER, 1979), variando na razão direta do comprimento e da espessura das raízes, porque esses atributos influenciam a superfície de absorção (VILELA & ANGHINONI, 1984).

Outros fatores que têm proporcionado melhorias na produção de grãos de milho são a alta atividade da fonte, folhas, e a capacidade de atender a demanda dos drenos, espigas e a manutenção da capacidade de absorção de nitrogênio pela planta com estendida acumulação do nutriente durante o estágio reprodutivo (CIAMPITTI & VYN, 2012). Nos híbridos antigos, a maior taxa de absorção de nitrogênio era observada em períodos anteriores à emissão das inflorescências.

### **Manejo da cultura do milho objetivando altas produtividades**

Diversas são as práticas agronômicas empregadas para o aumento da produção de grãos na cultura do milho, dentre as quais pode ser citado o preparo do solo. O objetivo principal da adoção de métodos de preparo do solo é controlar plantas daninhas e favorecer o desenvolvimento e produtividade das culturas. No entanto, o uso intensivo do solo pode dispô-lo antecipadamente à formação de camadas compactadas, à redução da estabilidade dos agregados e ao aparecimento, em maior número, de microporos, aumentando a propensão à perda de solo por erosão. Dessa forma, a manutenção de resíduos culturais na superfície do solo no plantio direto proporciona aumento da retenção de água e maior proteção do solo contra o impacto direto das chuvas (IGUE, 1984) em comparação com sua incorporação mediante o preparo convencional.

O plantio direto tem se destacado entre as tecnologias mais utilizadas na cultura do milho, devido à conscientização dos produtores da necessidade da melhoria na qualidade dos solos, visando a uma produção mais sustentável (COELHO, 2006). Este tipo de manejo do solo se caracteriza pela semeadura em solo não revolvido, pela rotação de cultura e manutenção da palhada na superfície do solo (PEREIRA *et al.*, 2009). Pesquisas têm constatado uma eficiência maior do sistema de plantio direto em relação ao preparo convencional, pois o não revolvimento do solo leva a uma decomposição mais lenta e gradual da

matéria orgânica (CARVALHO *et al.*, 2004), proporcionando melhoria nas qualidades químicas, físicas e biológicas com reflexos positivos na fertilidade do solo, podendo proporcionar uma futura redução da utilização de corretivos e fertilizantes.

Em relação ao milho, os nutrientes têm diferentes taxas de translocação entre os tecidos (colmos, folhas e grãos). No que se refere à exportação dos nutrientes, o fósforo é quase todo translocado para os grãos (77 a 86 %), seguindo-se o nitrogênio (70 a 77 %), o enxofre (60 %), o magnésio (47 a 69 %), o potássio (26 a 43 %) e o cálcio (3 a 7 %). Isso implica que a incorporação dos restos culturais do milho devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente potássio e cálcio, contidos na palhada (COELHO, 2006).

O milho é uma cultura que remove grandes quantidades de nutrientes do solo. Uma revisão realizada por (STEWART *et al.*, 2013) documentou que o aumento de 57% da produção de grãos, de milho de 1960 para 2000, pode ser atribuída à entrada de nutrientes fertilizantes no sistema de produção. Usualmente, é necessário o uso de adubação nitrogenada em cobertura para complementar a quantidade suprida pelo solo, quando se almejam produtividades elevadas (CANTARELLA, 1993).

O nível de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) recomendado para produtividades acima de 8 t ha<sup>-1</sup>, é de 10 a 20 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio, 120 kg ha<sup>-1</sup>, 100 kg ha<sup>-1</sup>, ou 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> quando a disponibilidade de fósforo (P) for baixa, média ou boa, respectivamente. E para o nutriente potássio (K), as dosagens são de 90 kg ha<sup>-1</sup>, 80 kg ha<sup>-1</sup> e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, quando a disponibilidade de (K) for baixa, média e boa, respectivamente (RIBEIRO *et al.*, 1999).

A densidade de plantio é uma das mais importantes práticas culturais que determinam a produção de grãos na cultura do milho. O milho é mais sensível a variações na densidade de plantio do que outros membros da família das gramíneas (ALMEIDA & SANGOI, 1996). O aumento na densidade populacional é uma forma de maximizar a interceptação da radiação solar. A densidade de plantas ideal depende do cultivar, da fertilidade do solo, da disponibilidade hídrica e da época de semeadura. Assim, a produtividade tende a se elevar com o aumento da população, até atingir determinado número de plantas por área, que é considera-

da como população ótima. Após esse ponto, a produtividade decresce com o aumento do número de plantas por área (PEREIRA, 1991).

Altas densidades populacionais podem reduzir a atividade fotosintética da cultura e sua eficiência de conversão dos fotoassimilados à produção de grãos, aumentando o intervalo entre o florescimento masculino e feminino e reduzindo o número de grãos por espiga (SANGOI *et al.*, 2003). A utilização de densidades de plantas sub-ótimas acarreta o menor aproveitamento da radiação solar incidente, diminuindo o rendimento da cultura. Porém, este tipo de manejo agrônômico pode elevar a produtividade do milho por proporcionar melhor uso do ambiente pelos genótipos atuais (DOURADO NETO *et al.*, 2003). O aumento da densidade de plantas, até determinado limite, é uma técnica usada com a finalidade de elevar o rendimento de grãos da cultura do milho. O número ideal de plantas por hectare é variável, uma vez que a planta de milho altera o rendimento de grãos de acordo com o grau de competição intraespecífica proporcionado pelas diferentes densidades de plantas (PEIXOTO *et al.*, 1996).

Outras práticas importantes são o momento da aplicação do nitrogênio e a data de plantio. Muitos autores afirmam que o melhor momento para a realização da adubação nitrogenada é no momento do plantio em uma única dose. Porém, a maioria dos estudiosos afirma que a adubação nitrogenada deve ser realizada parcelada em duas aplicações, uma no momento da semeadura e outra após a emergência, durante o período vegetativo da planta.

A data de plantio ou o momento da semeadura é um fator relacionado à disponibilidade de água para a cultura nos momentos mais críticos. A cultura do milho é bastante sensível ao déficit hídrico no período anterior à emissão das inflorescências masculinas e femininas, assim é importante que o plantio seja realizado num período que faça com que a cultura receba chuvas durante os períodos mais necessários.

### **Considerações finais**

Percebe-se que a produção e produtividade do milho obteve um aumento bastante significativo no Brasil e no mundo, iniciado desde o século passado. Isso foi resultado da união de estudos de várias áreas do conhecimento, tendo como respostas as melhorias na tecno-

logia de produção da cultura e nos genótipos cultivados. No entanto, mais pesquisas ainda são necessárias objetivando o melhor entendimento dos mecanismos fisiológicos e produtivos dos novos híbridos lançados no mercado em resposta a ambientes contrastantes, a fim de se garantir uma produção mais sustentável e em larga escala, respeitando os recursos naturais.

### Referências bibliográficas

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Informa Economics FNP, 2013. 480 p.

ALMEIDA, M.L., de; SANGOI, L. Aumento da densidade de plantas de milho para regiões de curta estação estival de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.2, n.2, p.179-183, 1996.

ANDRADE, E.H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Research**, 41:1-12, 1995.

ANGHINONI, I.; VOLKART, K.; FATTORE, C.; ERNANI, P.R. Morfologia de raízes e cinética da absorção de nutrientes em diversas espécies e genótipos de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 13:355-361, 1989.

BÄNZINGER, M.; EDMEADES, G.O.; BECK, D.; BELLON, M. 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize. **From theory to practice**. Mexico, DF CIMMYT.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia produtiva do milho**. Brasília: IICA/MAPA/SPA, 2007.

BRASIL. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento** (2014). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>. Acessado em: 06/08/2014.

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H., eds. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p. 148-196.

CARVALHO, M. A. C. de; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. E.; SÁ, M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes

no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.47-53, 2004.

CIAMPITTI, I.A.; VYN, T.J.2012. Physiological perspectives of changes over time in maize yield dependency on nitrogen uptake and associated nitrogen efficiencies: A review. **Field Crops Res.** 133:48–67. doi:10.1016/j.fcr.2012.03.008

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Sete Lagoas: Embrapa CNPMS, 2006. Circular Técnica, 78.

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo?** Informações Agrônômicas, Piracicaba, n.101, março. 2003. Encarte Técnico.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2013) **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, v. 1 - Safra 2013/14, n. 3 - Terceiro levantamento – dezembro de 2013**. Brasília, Companhia Nacional de Abastecimento. 77p.

DOURADO NETO, D.D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.63–77, 2003.

FAOSTAT, 2013. (<http://faostat.fao.org/>).

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: **ADUBAÇÃO verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.232-267.

MONNEVEUX, P.; SANCHEZ, C.; BECK, D.; EDMEADES, G. O. Drought tolerance improvement in tropical maize source populations: evidence of progress. *Crop Science*, Madison, v. 46, p.180-191, 2006.

MUCHOW, R.C. 1998. Nitrogen utilization efficiency in corn and sorghum. **Field Crops Res.** 56:209–216.

OTEGUI, M.E.; ANDRADE, F.H.; SUERO, E.E. Growth, water use, and kernel abortion of maize subjected to drought at silking. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 40, p. 87-94, 1995.

PEIXOTO, C.M. **Resposta de genótipos de milho à densidade de plantas, em dois níveis de manejo.** 1996. 118p. Dissertação de Mestrado - UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1996.

PEREIRA, R. G.; ALBUQUERQUE, A. W.; MADALENA, J. A. S. Influências dos sistemas de manejo do solo sobre os componentes de produção do milho e *Brachiariadecumbens*. **Revista Caatinga**, v.22, p.64-71, 2009

PEREIRA, R.S.B. Caracteres correlacionados com a produção e suas alterações no melhoramento genético do milho (*Zeamays L.*). **Pesq. Agropec. Bras**, 26:745-751, 1991.

PIONEER, 2014. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/MediaCenter/Pages/Detalhe-do-Artigo.aspx?p=165>. Acessado em 8/7/2014.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

SABATA, R.J.; MASON, S.C. Corn hybrid interactions with soil nitrogen level and water regime. **Journal of Production Agriculture**, v.5, p.137-142, 1992.

SANGOL, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V A.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, v. 33, p. 687-692, 2003.

SCHENK, M.K. & BARBER, S.A. Phosphate uptake by corn as affected by soil characteristics and root morphology. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 43:880-883, 1979.

STEWART, W.M.; DIBB, D.W., JOHNSTON, A.E.; SMYTH, T.J. 2005. The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. **Agron. J.** 97:1-6. doi:10.2134/agronj2005.0001.

SWANK, J.C.; BELOW, F.E.; LAMBERT, R.J. & HAGEMAN, R.H. Interaction of carbon and nitrogen metabolism in the productivity of maize. **Plant Physiology**, Lancaster, 70(4):1185- 1190, 1982.

THOMAS H.; SMART C.M.1993.**Crops that stay green**. *Annals of Applied Biology*123,193–219.

THOMAS, H.; HOWARTH, C.J. 2000. Five ways to stay green. *J. Exp. Bot.*51:329–337. doi:10.1093/jexbot/51.suppl\_1.329.

USDA, United States Department of Agriculture (2012). **CropProduction**. Disponível em: <<http://usda01.library.cornell.edu/usda/current//CropProd/CropProd-10-10-012.pdf>>. Acessado em 10 de julho de 2012.



# CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA POR ASPERSÃO FIXO PARA A IRRIGAÇÃO DE PASTAGENS

*Vinicius de Oliveira Rezende<sup>1</sup>*  
*Eusímio Felisbino Fraga Júnior<sup>2</sup>*

## Introdução

O país mais rico em água potável é o Brasil, possuindo 8% das reservas mundiais e concentrando 18% do potencial de água da superfície do planeta (MAIA NETO, 1997).

A agricultura irrigada utiliza quase metade da água consumida no mundo (CARDOSO *et al.*, 1998). Segundo Christofídis (2006), atualmente o Brasil possui cerca de 3.440.470 hectares de agricultura irrigada, sendo 10% representada por sistemas de irrigação localizada, 19% por aspersão, 21% por pivô central e 50% por irrigação de superfície. No planeta, cerca de 1,54 bilhões de hectares de solos são utilizados para produção agrícola, dos quais cerca de 277 milhões estão sob o domínio de infraestrutura hídrica de irrigação. A agricultura de sequeiro corresponde a 66% da produção agrícola, enquanto a área sob cultivo irrigado produz aproximadamente 44% da produção total agrícola, com apenas 18,0% da área total cultivada. O mesmo autor estima que mais 195 milhões de hectares é o crescimento máximo possível de forma sustentável da superfície irrigada.

A irrigação de pastagens é utilizada há muito tempo em outros países, tais como Austrália, Colômbia, Estados Unidos, África do Sul, Nova Zelândia, Cuba, Venezuela e Argentina. A irrigação de pastagens na Austrália é utilizada por produtores desde 1900. Em todos esses países, o uso da irrigação teve o objetivo primário de solucionar o problema de estacionalidade de produção das pastagens, provocado pelo déficit hídrico associado a outros fatores climáticos, tais como a temperatura e a luminosidade (DRUMOND; AGUIAR, 2005).

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em Produção Vegetal, UFV, Rio Paranaíba (MG) e-mail: [viniciusfazuz@gmail.com](mailto:viniciusfazuz@gmail.com)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, e-mail: [eusimio@hotmail.com](mailto:eusimio@hotmail.com)

A irrigação de pastagem é uma técnica que não é adequada para qualquer local ou situação. A sua adoção exige uma série de requerimentos básicos que, se não forem observados, certamente tornarão a atividade inviável economicamente (VILLELA, 1999).

O sucesso da irrigação está diretamente relacionado à rentabilidade, sendo que um projeto mal dimensionado pode ocasionar perdas financeiras irreversíveis. Atualmente, vários meios de irrigação estão sendo instalados sem os devidos cuidados. Antes de iniciar um projeto de irrigação, é necessário identificar e analisar a viabilidade desse projeto. É fundamental estimar o volume exato de água para a obtenção de ótimas produtividades. O sistema escolhido terá que atender às necessidades hídricas da cultura implantada nas piores situações.

Para um correto dimensionamento, é importante obter a curva característica ou curva de retenção de água no solo, que é, geralmente, determinada em laboratório a partir de amostras indeformadas. Ela representa uma propriedade ou característica físico-hídrica do solo, que relaciona o conteúdo volumétrico de água e o potencial matricial do solo. Varia de acordo com a classe textural do solo, o conteúdo de matéria orgânica, grau de compactação, classe de solo, geometria dos poros e outras propriedades físicas do solo.

Para a realização de um bom projeto, deve-se fazer um levantamento planialtimético do local onde será implantado o projeto, com escala compatível com o tamanho da área e curvas de nível equidistantemente espaçadas. Este levantamento deve ser bem detalhado, localizando-se a fonte da água, suas cotas, energia elétrica e outros detalhes que possam interferir na seleção do “layout” do sistema. Todo o planejamento deve ser realizado com base nesses dados, escolhendo-se a forma mais racional de se utilizar o equipamento, principalmente no que se refere à economia de água e energia elétrica (DRUMOND; FERNANDES, 2001).

Os objetivos da irrigação de pastagem são: eliminar a necessidade de suplementação volumosa na seca; equilibrar a produção da pastagem entre as estações de verão e inverno; alcançar alto desempenho animal sem usar concentrados; reduzir gastos com suplementação concentrada e volumosa; intensificar a produção animal por área, para obter maiores lucros e retorno na atividade. (TEODORO, 2002).

Vários sistemas de podem ser utilizados para a irrigação de espécies forrageiras, em sua maioria, por aspersão, como por exemplo: aspersão convencional, em malha e fixa, pivô central, canhões autopropelidos, etc.

Nos sistemas de irrigação por aspersão, a água é aplicada sobre a superfície do solo, na forma de chuva artificial. Esse sistema é bastante utilizado devido à possibilidade de elevada uniformidade de distribuição, adaptabilidade a diversas culturas e solos, possibilidade de aplicação de fertilizantes e outros produtos por meio da água de irrigação e fácil controle do volume de água aplicado. O sistema tolera água de qualidade inferior, com menores riscos de entupimentos, pois os bocais dos aspersores possuem diâmetros superiores às partículas presentes na água. (FERNANDES *et al.*, 2005) .

Dentre os citados, destaca-se o sistema de irrigação por aspersão fixo, que tem boa aceitação pelos produtores, principalmente, os pequenos. Neste sistema, os tubos são enterrados, os aspersores são instalados em todos os tubos de subidas fixas, necessitando apenas da abertura de registros que pode ser manual ou automatizado. Possui uma tecnologia que tem alta uniformidade de aplicação da água e viabiliza a fertirrigação. Com isso, a mão-de-obra é sensivelmente reduzida em comparação com o sistema de aspersão convencional.

### **Características do sistema fixo**

As fases de planejamento e dimensionamento do projeto são os momentos mais adequados para se diagnosticar e realizar os ajustes necessários para minimizar os possíveis impactos ambientais resultantes da irrigação, de modo que os possíveis efeitos adversos da irrigação sejam minimizados (BERNARDO, 1997).

O sistema de irrigação fixo é elaborado em função da área disponível, com dimensionamento hidráulico que permite a irrigação em área total. É possível trabalhar em aclives muito elevados do terreno. Porém, o consumo de energia pode inviabilizar economicamente, pois poderá ser necessária a utilização bombas de multiestágios com alta potência, tendo como ponto de operação pressões elevadas e baixa vazão.

A manutenção é simples e pode ser utilizada a mão-de-obra da própria fazenda. As peças de reposição como luvas soldáveis e passantes são facilmente encontradas no comércio. A posição de cada tubo,

válvulas, aspersores e conexões são determinadas no projeto. Caso haja necessidade de manutenção, basta substituir a peça danificada por outra no local. (DRUMOND; AGUIAR, 2005).

A maioria das propriedades rurais possui energia monofásica, sendo que o maior motor monofásico padrão é de 15 cv. Porém, é possível encomendar a fabricação de motores maiores nas fábricas. Vale ressaltar que as associações de motobombas são prática comum que podem ser feitas para áreas maiores (CARVALHO; OLIVEIRA, 2008).

Sobre a eficiência energética do sistema, em geral, as relações mais comuns variam entre 0,8 a 1,5 cavalos vapor (cv) por ha (DRUMOND; FERNANDES, 2004). É preciso conhecer as necessidades de suprimento de água de um projeto de irrigação para quantificar o volume de água a ser retirado dos recursos hídricos. Antes de se calcular o abastecimento de água de irrigação, deve-se fazer um estudo detalhado sobre a intensidade e o modelo da exploração agrícola. Devem-se avaliar os aspectos pertinentes de caráter financeiro, econômico e social. O cálculo de abastecimento da água de irrigação é indispensável para o planejamento dos turnos de rega e o funcionamento da rede de condução e distribuição da água a campo. (DOORENBOS; PRUIT, 1997).

O tempo de funcionamento de cada setor irá depender da evapotranspiração, da capacidade de retenção de água no solo, do estágio de desenvolvimento da cultura que, entre outros fatores, determinam quando e quanto irrigar (DRUMOND, 2009).

As subdivisões com cercas em pastagens com lotação rotacionada, com alto índice de tecnificação, utilizam pastejos com período de ocupação de um dia em cada piquete, obtendo assim o maior controle do crescimento da forrageira com alto índice de produção. Assim, para facilitar o manejo, faz-se necessária a construção de cercas fixas, podendo ser eletrificadas ou modelo paraguaia. Essa característica se diferencia do manejo utilizado em pivô central, que se move sobre área, e são necessárias aberturas nas cercas, normalmente com porteiras para a passagem das rodas da torre ou, em outros casos, a utilização de mecanismos que rebaixam os arames para a passagem das torres do sistema, exigindo observações e manutenções constantes de funcionários. Cercas móveis também são comuns nesse sistema sendo necessárias três cercas para movimentação do gado e a renovação e instalação de duas dessas cercas por dia (DRUMOND; AGUIAR, 2005).

Como sistema de irrigação por aspersão fixo é construído com tubos de PVC, que não apresentam problemas com corrosão, o método de fertirrigação pode ser utilizado sem risco ao sistema. É recomendada a aplicação de água limpa após a utilização de água residuária, para evitar aderência de materiais abrasivos no interior da tubulação e da própria motobomba. Para a aplicação de água residuária, o sistema de irrigação deve trabalhar com em regime turbulento e velocidade acima de  $1,5 \text{ m s}^{-1}$ . (REZENDE *et al.*, 2011) .

A fertirrigação é uma técnica que consiste na aplicação simultânea de água e fertilizantes ao solo por meio de sistemas de irrigação. Tal técnica tem sido usada frequentemente por muitos agricultores, principalmente em adubação em cobertura, como é o caso do nitrogênio, que é um nutriente de forma muito instável no solo. Dessa maneira, o parcelamento pode ser otimizado sem impactar a mão-de-obra. As subdivisões de cercas fixas permitem que os animais não tenham acesso à área que esta sendo fertirrigada, reduzindo o risco de intoxicações.

O uso de águas residuárias, esterco líquido de origem animal e compostos orgânicos como fertilizantes é uma prática rentável e reduz o descarte dessas águas nos cursos de água. A pesquisa indica que a irrigação com águas residuárias tem potencial elevado de beneficiar culturas agrícolas, atendendo não apenas a necessidade de água da planta, mas fornecendo também nutrientes essenciais ao seu crescimento, especialmente o nitrogênio.

As partículas sólidas presentes no líquido a ser aspergido devem ser menores do que o diâmetro do bocal do aspersor; para isso, devem-se utilizar telas para filtrar primariamente esse sedimentos (REZENDE *et al.*, 2010). A utilização de água residuária de suinocultura (ARS) é um exemplo de sucesso no sistema de produção de carne e leite a pasto irrigado. Quando bem manejada, a fertirrigação pode transformar uma fonte com alta carga poluidora em uma alternativa econômica para a propriedade rural, melhorando a biomassa microbiana e o estado de fertilidade do solo, além de ser uma solução ambientalmente correta. A aplicação de dejetos de suíno sem a adição de água, além de causar distúrbios e a morte de plantas, ocasiona a baixa vida útil do sistema de irrigação. (REZENDE *et al.*, 2010)

## Viabilidade econômica

Segundo Aguiar; Almeida (2003), quando comparados os custos de matéria seca dos volumosos utilizados comumente em uma fazenda leiteira, observa-se que o alimento mais barato que se pode oferecer ao rebanho leiteiro é a pastagem manejada intensivamente, que possui um custo 5,2 vezes menor em relação ao feno de gramíneas; 3,77 vezes menor que a silagem de milho; 3,55 vezes menos que a silagem de sorgo e a de girassol; 2,20 vezes menor do que o capim elefante; e 2,00 vezes menor comparado com a cana com ureia.

Segundo Christofidis (2008), uma fazenda de média produção de carne no Brasil tem uma lotação de 1 UA/ha e produz por 4,3 @/ha/ano, enquanto uma pastagem com irrigação comercial utilizando somente a pastagem irrigada possui uma lotação de 6,3 UA/ha, produzindo 55 @/ha/ano. O potencial em pastagens irrigadas excluindo a produção advinda de alimentos concentrados é maior que 37.000 litros de leites/ha/ano, como foi obtido, por Vilela *et al.* (1996), na EMPRAPA- Gado de Leite em Coronel Pacheco.

Aguiar *et al.* (2006) conduziram um trabalho na Fazenda Boa Fé, localizada em Conquista, MG, para avaliar parâmetros de crescimento do Tifton 85, irrigado e submetido ao manejo intensivo de pastejo. No total, foram acumuladas 62.911,3 kg/MS/ha no ano. A irrigação possibilitou a intensificação da produção animal a pasto em níveis muito competitivos com outras atividades econômicas que exploram o solo.

Para que haja uma maior viabilidade econômica, o projeto deve ser enquadrado na tarifa noturna da Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel, na resolução normativa de nº 207, de 9 de janeiro de 2006, que concede desconto aplicado sobre o consumo de energia elétrica em um período diário contínuo de oito horas e trinta minutos, facultado à concessionária ou permissionária de distribuição o estabelecimento de escala de horário para início, mediante acordo com o respectivo consumidor, garantido o horário de 21h30 às 6h do dia seguinte. O desconto para maioria das irrigações em Minas Gerais do grupo B (monofásico) é de 67%.

Para a utilização da tarifa com preço diferenciado, o projeto deve ser operado somente nos horários indicados pela concessionária, ou seja, toda a reposição hídrica indicada pelo monitoramento da água no solo deve ser realizada nesse espaço de tempo.

## Controle de geadas

O sistema de aspersão é uma ótima ferramenta para controle de geadas, pois a água aspergida dissolve o gelo sobre a superfície da planta. Atualmente, existem no mercado aspersores com lâminas de 3 mm/h capazes de cobrir uma área de 324 m<sup>2</sup> (18 x 18 m), possibilitando que a área irrigada seja maior se comparada aos aspersores com lâminas superiores. Mesmo que os raios sejam menores, a quantidade de aspersores é superior. Partindo desse contexto, a baixa vazão dos aspersores diminui a turbulência na distribuição de água pelas redes de alimentação dos mesmos, pois vários pontos são alimentados ao mesmo tempo em pequenas quantidades, não gerando perdas de cargas elevadas, podendo ser utilizados para controle de geada por terem uma área grande irrigada momentaneamente. Nesse caso, a abertura e fechamento dos registros são realizados logo após o derretimento do gelo (REZENDE *et al.*, 2011).

## Maior qualidade de vida ao homem do campo

O uso da irrigação de pastagens já é uma realidade que se espalha por várias regiões do Brasil, com resultados muito promissores em sistemas de produção de leite e carne. Em pastagens manejadas e adubadas intensivamente, o uso da irrigação surge como uma tecnologia importante para aumentar a disponibilidade de forragem de alta qualidade no período da seca, possibilitando manter nas estações de outono-inverno, de 40 a 60 % da taxa de lotação que se alcança nas pastagens na primavera-verão (AGUIAR; ALMEIDA, 2003). Com a irrigação de pastagem, o produtor não precisa produzir e nem movimentar volumoso, como a cana tritura ou a silagem. Os animais através do pastejo coletam seus alimentos como se estivessem no período chuvoso, deixando o homem do campo com mais tempo disponível para realizar outras atividades da fazenda (REZENDE, 2010).

O propósito básico da irrigação é fornecer águas às plantas no momento adequado e na quantidade certa, de forma a obter ótima produção em qualidade e quantidade. Grande parte do sucesso da irrigação depende da determinação correta do turno de rega, que representa o intervalo compreendido entre duas irrigações sucessivas. É comum se

adotar uma folga, para que na necessidade de manutenção dos equipamentos, não haja prejuízo dentro do modelo adotado. A este novo intervalo de irrigação, denomina-se período de irrigação. O turno de rega máximo dependerá exclusivamente das quantidades de água que o solo é capaz de armazenar, até uma determinada profundidade, da cultura a ser irrigada, do método e manejo da irrigação (DRUMOND, 2009).

A utilização do sistema de irrigação por aspersão fixo ameniza os problemas ligados à intensificação da produção agropecuária e gera melhorias na gestão administrativa da propriedade rural.

### Referências bibliográficas

AGUIAR, A. de P. A. *et al.* Parâmetros de crescimento de uma pastagem de tifton 85 (“*Cynodon dactylon*” x “*Cynodon nlemfuensis*” cv. TIFTON 68) irrigada e submetida ao manejo intensivo do pastejo. **Fazu Em Revista**, Uberaba, n. 3, p.25-28, 2006.

AGUIAR, A. P. A.; ALMEIDA, B.H.P.J.F. **Gestão de produção de leite de carne a pasto**. 2003. p. 55-57. Apostila apresentada no módulo 2, do Curso de Pós Graduação em Manejo da Pastagem. Uberaba: FAZU, 2003.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: Silva, D.D. da; Pruski, F.F. (ed.). Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Viçosa: MMA, SRH, ABEAS, UFV, 1997. 34; 252p.

CARDOSO, H.E.A.; MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C. **As águas da agricultura**. Agroanalysis. Instituto Brasileiro de Economia/Centro de Estudos Agrícolas. Rio de Janeiro: 1998. p.27-28.

CARVALHO, J. A.; OLIVEIRA, L. F. C. **Instalações de Bombeamento para Irrigação**. Lavras (mg): Editora UFLA, 2008. 354 p.

CHRISTOFIDIS, D. “O futuro da irrigação e a gestão das águas”. MISIH- DDH. Nov. 2008,15p., Brasília.

DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. **Necessidades hídricas das culturas**. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 24), Tradução Gheyi, H.R., Metri, J.E.C., Damasceno, F.A.V., Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. FAO 204, p. 1997.

DRUMOND, L. C. D. ; AGUIAR, A. P. A. **Irrigação de Pastagem**. 01. ed. Uberaba(MG): L.C.D.Drumond, 2005. v. 01. p. 210.

DRUMOND, L. C. D; FERNANDES, A.L.T. **Irrigação por aspersão em malha**. 1 ed. Uberaba: 2001, p. 80.

FERNANDES, A. J.; PALARETTI, L. F; MANTOVANI, E. C. **Erros básicos em projetos de irrigação**, Boletim técnico; n. 5, Uberaba: UNIUBE, 2005. p. 22-25.

MAIA NETO, R.F. **Água para o desenvolvimento sustentável**. A Água em Revista, Belo Horizonte, n.9, 1997. p.21-32.

TEODORO, R. E. F. Pastejo irrigado e pivô central. In: **Simpósio Goiano Sobre Manejo e Nutrição de Bovinos de Corte**, 4., 2002, Goiania. Anais do XII Simpósio Goiano sobre Manejo e Nutrição de Bovinos de Corte. Goiania: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002. p. 147-158.

VILELA, D.; ALVIM, M. J.; CANTOS, F. Produção de leite de vacas Holandesas em confinamento ou pastagem de Coastcross. **Revista de sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 6, p. 1228-1244, 1996.

VILLELA, G. Pastagem irrigada. **Revista Panorama Rural**. São Paulo, n. 4, p.20-26, jun. 1999.



**COMPOSER**  
gráfica e editora

Diagramação - Impressão - Acabamento

Av. Segismundo Pereira, 145 - B. Santa Mônica  
Uberlândia - MG - Fone: (34) 3236-8611  
[www.composer.com.br](http://www.composer.com.br)