



Organizado pelo
Núcleo de Estudos em Fitopatologia
Universidade Federal de Lavras



NOVOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

EDITORES

Flávio Henrique Vasconcelos Medeiros
Luma Alaís Pedroso
Marina de Resende Faria Guimarães
Barbara Aparecida Antônio de Sousa e Silva
Letícia Gabriela Ferreira de Almeida
Fabiola de Jesus Silva
Rodrigo Luiz Marques da Silva
Larissa Carvalho Ferreira
Anny Kellen Miranda Pereira
Thácio Bruno Reis Couto
Vanessa Alves Gomes
Renê Martins Medeiros
Cláudia Maria de Oliveira Veiga
Marcela de Freitas Silva
Yasmim Freitas Figueiredo
Gustavo Vanim Neves Gatti
Camila Primieri Nicolli

REVISORES

Aline Ferreira Barros
Ana Cristina Andrade Monteiro
Bruno Eduardo Cardozo de Miranda
Carolina da Silva Siqueira
Helon Santos Neto
Júlio Carlos Pereira da Silva
Marcus Antônio Fabri Junior
Priscilla de Sousa Geraldino Duarte
Willian César Terra

COORDENAÇÃO NEFIT / GESTÃO 2017



Flávio Henrique Vasconcelos Medeiros (Coordenador docente)

Agrônomo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2004). Mestre em Agronomia/ Fitopatologia pela Universidade de Lavras (2005). Doutor em Agronomia/ Fitopatologia pela mesma Instituição (2009). Atualmente é professor Adjunto do Departamento de Fitopatologia na Universidade Federal de Lavras.

Luma Alaís Pedroso (Coordenadora geral)

Agrônoma pela Universidade Federal de Lavras (2014). Mestre em Agronomia/ Fitopatologia pela Universidade Federal de Lavras (2016). Doutoranda em Agronomia/ Fitopatologia na mesma instituição.

Marina de Resende Faria Guimarães (Vice-coordenadora geral)

Agrônoma pela Universidade Federal de Lavras (2013). Mestre em Agronomia/ Fitopatologia pela Universidade Federal de Lavras (2016). Doutoranda em Agronomia/ Fitopatologia na mesma instituição.

Bárbara Aparecida Antônio de Sousa e Silva (Coordenadora de finanças)

Estudante de graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras.

Leticia Gabriela Ferreira de Almeida (Vice-coordenadora de finanças)

Estudante de graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras.

Fabíola de Jesus Silva (Coordenadora administrativa)

Agrônoma pela Universidade Estadual de Montes Claros (2013). Mestre em Produção Vegetal no Semiárido na mesma instituição (2015). Doutoranda em Agronomia/ Fitopatologia na Universidade Federal de Lavras.

Rodrigo Luiz Marques da Silva (Vice- coordenador administrativo)

Estudante de graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras.

Larissa Carvalho Ferreira (Coordenadora técnico-científica)

Agrônoma pela Universidade Federal de Lavras (2016). Mestranda em Agronomia/ Fitopatologia na mesma instituição.

Anny Kellen Miranda Pereira (Vice-coordenadora técnico-científica)

Estudante de graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras.

Thácio Bruno Reis Couto (Coordenador sócio-cultural)

Estudante de graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras.

Vanessa Alves Gomes (Vice-coordenadora sócio-cultural)

Agrônoma pela Universidade Federal Viçosa-CRP (2016). Mestranda em Agronomia/ Fitopatologia na Universidade Federal de Lavras.

© Núcleo de Estudos em Fitopatologia

Capa: Diogo Rodarte Gonçalves

Projeto Gráfico / Diagramação: Ana Carolina Naves Campelo

**Ficha catalográfica preparada pela Coordenadoria de
Processos Técnicos da Biblioteca Universitária da UFLA**

Novos sistemas de produção / editores: Flávio Henrique Vasconcelos Medeiros... [et al.] ; organizado pelo Núcleo de Estudos em Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras. – Lavras: UFLA, 2017.

162 p. : il.

Bibliografias.

ISBN: 978-85-54882-00-6

1. Fitopatologia. 2. Agricultura - Manejo de doenças. 3. Sustentabilidade. I. Medeiros, Flávio Henrique Vasconcelos. II. Universidade Federal de Lavras, Núcleo de Estudos em Fitopatologia. III. Título.

CDD – 632

AGRADECIMENTOS

Aos coordenadores do Núcleo de Estudos em Fitopatologia (NEFIT) pelo trabalho incansável na organização do XVII Simpósio de Manejo de Doenças de Plantas “Novos Sistemas de Produção”.

Aos palestrantes desse evento pelo empenho e dedicação na elaboração das palestras e dos capítulos presentes neste livro.

Aos revisores pela boa vontade, empenho e pela valiosa contribuição.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), instituição que tanto nos orgulha e na qual temos o privilégio de estar sediados.

Ao Departamento de Fitopatologia (DFP), pela infraestrutura concedida para o trabalho do NEFIT e aos professores do DFP, em especial, ao professor Eduardo Alves, chefe do Departamento, pelo apoio incondicional ao NEFIT.

Ao professor Flávio Henrique Vasconcelos de Medeiros pela coordenação do núcleo e pela imensa contribuição ao desenvolvimento do NEFIT.

À empresa BASF pelo apoio à publicação desta obra.

Aos amigos que fizeram parte da comissão de apoio: Camila Primieri Nicolli, Renê Martins Medeiros, Marcela de Freitas Silva, Yasmim Freitas Figueiredo, Cláudia Maria de Oliveira Veiga e Gustavo Vanim Neves Gatti e a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram com a realização do evento e com a publicação deste livro.

Luma Alaís Pedroso
Coordenadora Geral | Gestão 2017



PREFÁCIO

O agronegócio está em constante mudança e técnicos devem trabalhar em sintonia com estes avanços para contribuir cada vez mais com o crescimento da produção agrícola e a balança comercial de nosso país.

Nesta edição do Simpósio de Manejo de Doenças de Plantas procuramos trazer pesquisadores e profissionais de diferentes regiões brasileiras que participam ativamente destas mudanças para compartilhar neste livro suas experiências em relação a novos arranjos produtivos e como estes têm contribuído para o manejo de doenças de plantas em culturas anuais e perenes.

Na agricultura tropical, o Brasil é protagonista global em pesquisa e desenvolvimento, os patamares de produtividade alcançados para a maioria das culturas já se igualam ou até ultrapassam aqueles praticados por outros países de clima temperado, com uma grande diferença, conseguimos produzir duas a três safras por ano, enquanto outros países produzem apenas uma.

Se por um lado esta nossa vantagem competitiva representa um ganho em produção, por outro lado, representa também um grande desafio para a proteção de cultivos pela maior pressão de seleção. Diante desta produção intensiva, tanto em monocultivo, quanto consorciado, é fundamental se ter um olhar para a dinâmica de doenças, tendo em vista que muitos dos patógenos sobrevivem nos restos culturais, em hospedeiros de famílias botânicas diferentes ou têm sua sobrevivência garantida pela permanência de plantas voluntárias ou daninhas nos campos de produção.

Neste sentido, há algum tempo os pesquisadores brasileiros despertaram para estas mudanças e vêm propondo consórcios, sucessões e rotações de cultura nas diferentes regiões produtoras. Esta adoção vem acontecendo mais a cada dia por parte dos produtores e sendo até exigida por parte de órgãos de certificação da produção.

Além do mais, de nada adianta o conhecimento se não for compartilhado. Nesta 17ª Edição do Simpósio de Manejo de Doenças de Plantas e, portanto, 17º livro editado pelo Núcleo de Estudos em Fitopatologia, com o apoio da Universidade Federal de Lavras e da BASF, o livro será disponibilizado gratuitamente a todos os interessados no assunto.

Boa leitura!

**Flávio H.V. Medeiros, Professor adjunto-DFP
Coordenador docente do Núcleo de Estudos em Fitopatologia (NEFIT)**

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

Plantio direto: aumenta ou reduz doenças? 011

Ricardo Trezzi Casa

Otávio Ajala Fiorentin

Introdução 011

Sanidade de semente e rotação de culturas: a base para o entendimento 012

Aumento ou redução de doenças? 013

O incremento de doenças 015

Considerações finais 018

Referências Bibliográficas 018

CAPÍTULO 2

A mudança no sistema de produção: uma visão do produtor 021

Ademar Bedin

CAPÍTULO 3

**Plantas voluntárias de milho e soja com biotecnologia
de tolerância ao glifosato como fontes de inóculo de fitopatógenos..... 023**

Willian Luís Antonio Zancan

Helon Santos Neto

Introdução 023

Mercado atual de soja e milho geneticamente modificados 024

Milho voluntário 025

Soja voluntária 027

Sistema de manejo integrado de soja e milho com tecnologia Roundup

Ready® 029

Referências Bibliográficas 030

CAPÍTULO 4

**Molicutes em milho: a diversificação de sistemas de produção pode
ser a solução? 032**

Dagma Dionísia da Silva

Frederick Mendes Aguiar

Luciano Viana Cota

Rodrigo Véras da Costa

Simone Martins Mendes

Introdução	032
Enfezamento pálido	033
Enfezamento vermelho	034
Risca do milho ou Raiado fino	036
Inseto vetor	037
Hospedeiros	038
Manejo dos enfezamentos	041
Resistência genética	043
Práticas culturais	046
Controle químico	046
Controle biológico da cigarrinha <i>D. maidis</i>	047
Conclusão	049
Referências Bibliográficas	050

CAPÍTULO 5

Mofo branco em soja: cenário atual e manejo	053
--	------------

Hercules D. Campos

Mauricio C. Meyer

Lilianne M. Ribeiro

Darwin Rui S. Fonseca

Sementes livres do patógeno	054
Limpeza de implementos agrícolas	055
Rotação de culturas associada à formação de palhada	055
Uso de cultivares com arquitetura menos propícia a doença	056
Adequação do espaçamento e população de plantas	056
Controle biológico	057
Controle químico	058
Referências Bibliográficas	062

CAPÍTULO 6

Sistemas de produção voltados para certificação UTZ de café	065
--	------------

Eduardo Sampaio

Marcela de Freitas Silva

Vanessa Alves Gomes

Fabiola de Jesus Silva

Thácio Bruno Reis Couto

Tipos de certificação	066
Pressupostos para certificação	067
Gestão	067
Práticas agrícolas	068

Condições de trabalho e de vida	070
Meio Ambiente	071
Conclusão	072
Referências Bibliográficas	073

CAPÍTULO 7

Arranjos produtivos na cultura do café e o manejo de doenças	075
---	------------

Ademilson de Oliveira Alecrim

Dalyse Toledo Castanheira

Danielle Pereira Baliza

Ronaldo Alves Libânio

Rubens José Guimarães

Introdução	075
O café e a evolução dos cultivos	076
Aspectos morfológicos, anatômicos e fisiológicos do cafeeiro	077
Arranjos produtivos para a implantação e condução da lavoura	081
Cultivo do cafeeiro em sistema agroflorestal	093
Plantio e condução de lavouras de café com utilização de polímeros retentores de água	096
Plantio e condução de lavouras de café com utilização de filme plástico	098
Condução de lavouras com utilização de pericarpo de frutos de café (“casca de café”)	099
Considerações sobre doenças na cafeicultura	100
Referências Bibliográficas	103

CAPÍTULO 8

Manejo de fitonematoides no sistema de plantio direto	111
--	------------

Eduardo Souza Freire

Luma Alais Pedroso

Willian César Terra

Júlio Carlos Pereira da Silva

Indiamara Marasca

Vicente Paulo Campos

Introdução	111
Utilização de plantas não hospedeiras para o manejo de nematoides em área de plantio direto	112
Incorporação de plantas antagonicas a fitonematoides	116
Influência dos fatores físico e químico do solo no controle de fitonematoides	118
Controle químico de fitonematoides	119
Controle biológico de fitonematoides	120

Considerações finais	122
Referências Bibliográficas	123

CAPÍTULO 9

Integração lavoura-pecuária: novas tendências	128
Bruno Carneiro e Pedreira	
Leandro Ferreira Domiciano	
Renato Ribeiro de Aragão Rodrigues	
Sylvia Raquel Gomes Moraes	
Ciro Augusto de Souza Magalhães	
Eduardo da Silva Matos	
Cornélio Alberto Zolin	

Introdução	128
Manejo de plantas invasoras, pragas e doenças em sistemas de integração lavoura-pecuária	132
Produção de grãos em sistemas integrados	140
A produção animal em sistemas de integração lavoura-pecuária	142
Conservação de solo e água em sistemas integrados de produção	144
Estoques de carbono em sistemas integrados de produção	146
Emissões de óxido nitroso em sistema de integração lavoura-pecuária	149
Comparação dos fluxos de N ₂ O para todos os sistemas estudados	149
Considerações finais	153
Referências Bibliográficas	153

Plantio direto: aumenta ou reduz doenças?

Ricardo Trezzi Casa¹
Otávio Ajala Fiorentin²

Introdução

O plantio direto no Brasil proporcionou controle da erosão dos solos, melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e aumento do rendimento de grãos de várias culturas. Entretanto, o manejo inadequado de sistemas de rotação e de sucessão de culturas utilizado em determinadas lavouras acarretou em acréscimo na ocorrência de problemas fitossanitários.

As doenças de plantas são encontradas em todas as lavouras produtoras de grãos, com intensidade variando em função da resistência do genótipo, do sistema de cultivo e das condições edafoclimáticas. Epidemias podem ser detectadas devido ao insucesso de controle. Em uma única propriedade agrícola pode haver diferenças na intensidade de doenças, e nesse caso, as práticas culturais adotadas pelo produtor, consciente ou inconscientemente, favorecem ou não os patógenos.

O conhecimento da interação patógeno-hospedeiro, com ênfase na fase de sobrevivência dos fitopatógenos, é fundamental para estudos visando análise de risco de ocorrência e de intensidade de uma determinada doença em sistema sob plantio direto na palha, pois apresenta relação com densidade e potencial de inóculo dos fitopatógenos. Muitas doenças de plantas de lavoura, prevalentes em milho, soja, feijão e cereais de inverno, são causadas por agentes necrotróficos que sobrevivem nos restos culturais (palha) remanescentes sobre a superfície do solo após a colheita. Pode haver nessa situação o manejo da viabilidade de alguns fungos e bactérias, por um determinado período de tempo, o que torna o plantio direto favorável a ocorrência de doença na qual seu agente causal possui os restos culturais como principal fonte

¹Professor do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, SC, CP 611, 88520-000, ricardo.casa@udesc.br; ²Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal - CAV/UDESC

de inóculo inicial. Neste contexto ressalta-se que o monocultivo garante a presença do inóculo de alguns agentes necrotróficos em distintas regiões agrícolas do Brasil. Por outro lado, a redução ou a eliminação dos restos culturais infectados comumente realizado por práticas culturais como a rotação de culturas reduz ou elimina o inóculo, mesmo em áreas de plantio direto. Uma das dificuldades em entender a eficácia da rotação de culturas no manejo de doenças relaciona-se com a definição dos conceitos de rotação e sucessão ou sequência de cultivo que comumente são distintas do ponto de vista da fitotecnia e da fitopatologia. O entendimento desta questão aumenta quando doenças causadas por patógenos habitantes do solo, formadores de estruturas de resistência (clamidósporos, oósporos, escleródios), são enquadrados como necrotróficos (que vivem somente na palha) reduzidos ou eliminados pela decomposição de restos culturais; ou vice versa, quando patógenos necrotróficos típicos sobreviventes de restos culturais, por exemplo os formadores de corpos de frutificação (peritécios, pseudotécios, picnídios), são considerados como sendo habitantes do solo.

O objetivo do presente texto será abordar alguns temas relacionados a interação entre doenças e plantio direto, bem como elucidar alguns conceitos envolvendo sistemas de cultivo que podem aumentar ou reduzir a intensidade de doenças. Alguns estudos de casos de epidemias de doenças em plantio direto serão utilizados para o entendimento dessa interação.

Sanidade de semente e rotação de culturas: a base para o entendimento

O manejo integrado de doenças preconiza o “uso de todas as técnicas disponíveis dentro de um programa unificado para manter a população dos agentes nocivos abaixo de um limiar de dano econômico e minimizar os efeitos deletérios ao meio ambiente”. Nas regiões brasileiras os sistemas de cultivo seguem modelos de acordo com níveis tecnológicos, adotados normalmente em virtude de condições climáticas, níveis de fertilidade do solo, época de semeadura, expectativa de rendimento, destino da produção e nível de investimento. Nestas situações a intensidade e o controle de doenças é variável e segue o mesmo modelo de nível tecnológico.

No sistema plantio direto na palha o manejo integrado tem como base duas estratégias de controle: a sanidade de sementes e a rotação de culturas. Essas duas estratégias foram a linha básica de estudo tomada por muitos pesquisadores para entender o manejo de doenças em plantio direto no início da década de 90 quando houve grande difusão e adoção do sistema, especialmente sobre o manejo do cancro da haste em soja e de manchas foliares em trigo.

Alguns patógenos utilizam as sementes como mecanismo de sobrevivência e como veículo de disseminação, permanecem viáveis durante o armazenamento e são introduzidos na lavoura de plantio direto via semente infectada. Em áreas de primeiro ano de cultivo, ou onde não há presença de restos culturais infectados, o uso de semente sadias é fundamental para não introduzir o patógeno.

Após a colheita alguns patógenos necrotróficos permanecem na lavoura sobrevivendo saprofiticamente nos restos culturais infectados. Existe uma relação positiva entre a incidência de doenças causadas por agentes necrotróficos e presença da palha infectada em lavoura conduzida em monocultura.

A rotação de culturas se constitui na alternância regular de diferentes culturas em uma mesma área. Essa troca deve ser efetuada de acordo com um planejamento adequado, no qual devem ser considerados diversos fatores, entre eles a cultura predominante na região, em torno da qual será programada a rotação, além dos fatores de ambiente que influirão nas culturas escolhidas para integrarem o sistema. A rotação de culturas pode ser definida como a alternância ordenada de diferentes espécies de plantas, num espaço de tempo, na mesma área, obedecendo, finalidades definidas, sendo que uma espécie vegetal não é repetida, no mesmo lugar, com intervalo menor que dois e, se possível, três ou mais anos.

O efeito principal da rotação de culturas relaciona-se a fase de sobrevivência do patógeno. Nesta fase, os patógenos são submetidos a uma intensa competição microbiana, durante a qual, geralmente, levam desvantagem. Correm, também, o risco de não encontrar o hospedeiro, o que determina, geralmente, sua morte por desnutrição.

Especificadamente para patógenos necrotróficos sobreviventes nos restos culturais considera-se que a rotação de culturas consiste na semeadura de uma espécie vegetal, num mesmo local da lavoura, na mesma estação de cultivo, onde os restos culturais do cultivo anterior desta espécie foram eliminados biologicamente; ou seja, por rotação entende-se não semear a mesma espécie vegetal, na mesma área da lavoura, até que ocorra a completa decomposição de seus tecidos ou restos culturais. Assim, o cultivo alternado de diferentes espécies, na mesma área, em estações diferentes, constitui a sucessão ou sequência anual de culturas. Por outro lado, a monocultura consiste no cultivo da mesma espécie vegetal, na mesma área ou lavoura, todos os anos, sobre os seus restos culturais.

Aumento ou redução de doenças?

É evidente que o plantio direto em monocultura aumenta a intensidade de doenças. Mas deve-se considerar que o problema não está relacionado ao plantio direto, mas sim ao monocultivo. É neste sentido que as pessoas envolvidas com pesquisa e assistência técnica devem ter clareza dos conceitos de rotação e sucessão ou sequência de culturas.

Pode-se usar como exemplo os cultivos realizados no sul do Brasil em comparação com as demais regiões brasileiras. Considera-se como sul as áreas mais frias, sujeitas a geadas, o que impede o cultivo de soja, feijão e milho no inverno. No Sul a rotação de culturas deve ser planejada para o inverno (trigo, cevada, aveia, canola e nabo forrageiro, as culturas predominantes) e para o verão (soja, milho e feijão, as culturas predominantes), rotacionando as famílias botânicas e/ou espécies vegetais especificamente para o cultivo

de cada estação climática. Nessa situação há redução significativa da densidade de inóculo de patógenos específicos de uma determinada cultura (patógenos com baixa gama de hospedeiros) e que possuam os restos culturais como principal fonte de inóculo primário. Servem de exemplos os fungos causadores de manchas foliares em cereais de inverno (*Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera tritici-repentis*, *Drechslera teres*, *Drechslera avenae*), antracnose em soja e feijão (*Colletotrichum truncatum* e *C. lindemuthianum*), complexo de *Diaporthe/Phomopsis* em soja e manchas foliares em milho (*Exsehorium turcicum*, *Bipolaris maydis*, *Stenocarpella macrospora*, *Cercospora zeae-maydis*). Para esse grupo de patógenos existe a necessidade do uso de sementes saudáveis para evitar a introdução dos agentes necrotróficos nas áreas de rotação onde o inóculo da palha foi reduzido ou eliminado. Caso seja escolhido o tratamento de sementes, os fungicidas devem ter eficiência que erradique ou reduza, abaixo do limiar de transmissão, os fungos na semente. A eficiência no controle do complexo de fungos associados às sementes tem sido melhorada pelo uso de mistura de fungicidas e melhoria na qualidade do tratamento de sementes, seja industrial ou “on farm”.

Um modelo para explicar o contexto descrito acima foi o manejo adotado para o cancro da haste da soja (*Diaporthe phaseolorum* f.sp. *meridionalis*) no final da década de 80 e início de 90 quando o plantio direto estava sendo gradualmente difundido nos estados do sul do Brasil. Na época o sistema padrão era o cultivo de trigo no inverno e soja no verão: uma dupla monocultura clássica. Havia poucas cultivares de soja, sendo praticamente todas suscetíveis ao cancro da haste. O patógeno foi introduzido nas lavouras paranaenses e gaúchas via semente infectada. Em dois ou três anos muitas lavouras de soja apresentavam epidemia da doença, principalmente naquelas áreas onde havia predominância de restos culturais infectados remanescentes do cultivo da soja do ano anterior. Como não se dispunha de cultivares resistentes as estratégias de manejo foram direcionadas a redução das fontes de inóculo do patógeno: a semente e os restos culturais. Foi nesta época que o tratamento de sementes de soja com fungicidas que era inferior a 10% da área semeada atingiu valores próximos a 90% da área cultivada. Paralelamente, foi também um dos marcos para o incremento da área cultivada com o milho, pois o cereal era considerado uma cultura de risco em função de definição específica de zoneamento climático (cultura sujeita a estresse hídrico e geadas) e de baixa disponibilidade de informações tecnológicas para seu cultivo em sistema plantio direto (semeadura, fornecimento de nutrientes e manejo de invasoras e pragas). De qualquer forma, era e ainda é a espécie vegetal mais indicada para compor o sistema de rotação com a soja. Em pouco tempo constatou-se que o cultivo da soja e o manejo do cancro da haste dependiam da sanidade da semente e da rotação de culturas.

Entretanto, os patógenos que apresentam ampla gama de hospedeiros, que parasitam a planta viva no inverno e no verão e que também sobrevivem saprofiticamente em seus restos culturais, não serão controlados pela rotação e serão beneficiados pela sucessão de cultivos. O exemplo mais evidente é a intensidade de doenças causadas pelo fungo *Fusarium graminearum* considerado um dos patógenos mais preocupantes e de

difícil controle, sendo denominado em algumas citações como o “patógeno do plantio direto”.

Ao considerar as demais regiões brasileiras, mais quentes e não sujeitas a geadas, porém com restrição à necessidade de chuva, pode haver o cultivo de soja, feijão e milho no inverno, o que pode caracterizar uma dupla monocultura caso ocorra o cultivo sequencial da mesma espécie vegetal na mesma área de cultivo safra após safra. Essa situação tem ocorrido principalmente com o milho cultivado sob irrigação, agravando problemas de doenças foliares e podridões do colmo e da espiga. Mas o fato mais preocupante ocorre com o incremento da área cultivada com milho segunda safra, onde o cereal tem sido semeado em sucessão à soja. Isto também pode ser considerado uma dupla monocultura, do ponto de vista fitopatológico, pois a soja e o milho ainda podem reencontrar seus restos culturais infectados da safra anterior, mesmo havendo maior velocidade de mineralização dos restos culturais nas regiões mais quentes quando comparado ao cultivo no sul do Brasil.

O incremento de doenças

Outros fatores que estão diretamente interferindo no manejo das doenças em sistema plantio direto são a presença constante e indevida na lavoura de plantas voluntárias, hospedeiros secundários e hospedeiros alternativos, pois favorecem a sobrevivência e a multiplicação de patógenos. A presença de planta voluntária (plantas da mesma espécie vegetal da cultura de importância econômica que vegetam fora da estação normal de cultivo) mantém uma “ponte verde” para muitos patógenos, incluindo-se aqui os parasitas obrigatórios (agentes causais de ferrugens, oídios, viroses e enfezamentos).

Um exemplo clássico envolvendo planta voluntária ocorreu no início da difusão do plantio direto no sul do Brasil, na década de 90, com a virose do nanismo amarelo da cevada (*Barley Yellow Dwarf Virus* - BYDV). Mesmo sendo predominante em cevada essa virose foi problemática também na cultura do trigo e das aveias. Como a base para conscientização do plantio direto é produção de palha, o cultivo de aveias, principalmente da aveia preta (*Avena strigosa*), foi generalizado visando obter cobertura vegetal do solo. Com a dessecação química das plantas de aveia após a formação dos grãos ou até mesmo após a colheita do cereal há perda de grãos ou sementes que ficam dormentes e viáveis até o próximo cultivo de inverno. Isto levou ao incremento da presença de plantas voluntárias de aveia preta em lavouras de soja, mantendo plantas infectadas e seus vetores, os afídeos (*Schizaspis graminum*, *Sitobium avenae*, *Methopolophium dirhodum*, predominantes na época e também considerados pragas dos cereais de inverno). Na ocasião eram constantes relatos de epidemias de BYDV em trigo, cevada e aveias, inclusive danos causados diretamente pela injúria de afídeos. Como existem diferentes estirpes do vírus transmitida pelos distintos afídeos torna-se difícil obter genótipo resistente. O controle químico ou

biológico do vetor passou a ser alvo mais desafiador e constante, com certa dificuldade em razão do tempo de aquisição e transmissão do vírus pelo vetor. A eliminação ou redução das plantas voluntárias tornou-se uma regra, mas o problema era como eliminá-las durante o cultivo da soja (dentro da lavoura). Atualmente o BYDV é esporádico nas lavouras de cereais de inverno. As hipóteses mais prováveis para redução da doença foram a diminuição de plantas de aveia com o advento da soja resistente ao herbicida glifosato que possibilitou o manejo químico do cereal dentro da lavoura de soja e a utilização de inseticidas neonicotinóides visando o controle químico dos afídeos.

Por outro lado, o uso ou manejo inadequado de uma tecnologia como a resistência ao herbicida pode levar a presença de plantas voluntárias ou hospedeiros secundários resistentes ou até mesmo dificuldade de eliminar a própria planta de importância econômica. Tal fato ainda é evidenciado pela alta prevalência de plantas voluntárias de soja que beneficiam a manutenção e multiplicação de *Phakopsora pachyrhizi*. Nesse caso específico não há relação da semente e dos restos culturais sobre a intensidade da doença, mas o plantio direto sem o revolvimento do solo permite a permanência de plantas voluntárias.

Mais recentemente tem-se evidenciado a presença de plantas de milho resistente ao herbicida dentro de lavouras de soja também resistentes ao herbicida. Essas plantas de milho são originadas de sementes ou grãos perdidos da safra de milho anterior ao cultivo da soja. Conceitualmente não são plantas voluntárias (podem ser consideradas “competidoras” ou “invasoras”), mas independente da sua população e da relação com dano na cultura da soja, terão papel fundamental na manutenção de patógenos do milho e vetores de parasitas obrigatórios. Os enfezamentos pálido e vermelho foram recentemente detectados de forma epidêmica em várias regiões brasileiras sendo que o cultivo sequencial do cereal é um dos fatores de predisposição para o vetor. A extensão da área cultivada e o tempo em que o milho é cultivado correspondem respectivamente a largura e ao comprimento da “ponte verde”. Paralelamente, a presença de plantas voluntárias de milho, principalmente resistentes ao herbicida, pode agravar a ocorrência de enfezamentos e de outras doenças ainda consideradas de importância secundária para o milho no Brasil, como é o caso de algumas viroses.

O controle de doenças em plantio direto tem sido mais difícil nas áreas onde há presença de patógenos que produzem estruturas de repouso, pois podem sobreviver na ausência do hospedeiro (a planta viva ou os restos culturais). Nesse contexto se enquadram alguns fungos de solo considerados “habitantes do solo”. O plantio direto é excelente opção para a busca de solos supressivos, pois pode proporcionar um equilíbrio de fatores físicos, químicos e biológicos, importantes para o não estabelecimento do patógeno ou mesmo caso se estabeleça não provoque dano na cultura. Para atingir tal excelência necessitamos de um sistema de produção sustentável. O manejo integrado de doenças faz parte da sustentabilidade na agricultura. Porém, ao meu ver, na prática não estamos utilizando o potencial do sistema plantio direto na palha. Existem muitas

lavouras brasileiras conduzidas em plantio direto “sem palha” ou com “pouca palha”, em solo compactado (sem estrutura física) e com baixo nível de matéria orgânica (com baixa atividade microbiana). O reflexo do manejo incorreto dos sistemas de cultivo tem levado ao incremento significativo de podridões radiculares em soja e feijão e podridões radiculares e da base do colmo em milho. Nos cultivos de soja é alta a prevalência de podridão de macrofomina (*Macrophomina phaseolina*), doença na qual são ausentes informações seguras de resistência genética. Ressalta-se que *M. phaseolina* vem sendo detectado com frequência causando podridão em milho, principalmente no cultivo segunda safra quando há restrição hídrica no final do ciclo da cultura. Esse fungo caracteriza-se por apresentar alta habilidade de competição saprofítica e por produzir estrutura de resistência, o que dificulta seu controle pela rotação de culturas, pois podem permanecer viáveis por um longo período de tempo, normalmente superior ao tempo da entre safra.

A principal estratégia de controle para o caso *M. macrophomina* e *Rhizoctonia solani*, agentes com características biológicas semelhantes, é a busca da supressividade do solo, ou seja, manejar a lavoura visando obter uma situação de inospitalidade para o patógeno. O fenômeno da supressividade pode ser explorado pelo manejo da fonte nutricional ou substrato, seja pela quantidade, qualidade e frequência de fornecimento deste substrato. As estratégias envolvem rotação e sucessão de culturas, cobertura morta, adubo verde, compostos orgânicos, alteração no pH do solo, adequação da fertilidade do solo (quantidade e equilíbrio) e melhoria da propriedade física do solo (descompactação). A população e o arranjo de plantas também são duas variáveis que influenciam no desenvolvimento do sistema radicular, aspecto morfológico que pode predispor ao processo de infecção. De qualquer forma as medidas citadas acima ainda são pouco exploradas pelos produtores e assistentes técnicos dentro de um programa de manejo integrado de doenças.

Outro exemplo de ampla gama de hospedeiros é o fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, sendo também beneficiado pelo monocultivo e sucessão de espécies suscetíveis. O fungo apresenta incremento significativo no sul do Brasil. A vasta gama de hospedeiros é fator limitante na elaboração de um esquema de rotação e de sucessão de culturas. As gramíneas são indicadas para compor o sistema, pois não são hospedeiras e produzem uma boa cobertura morta (palhada) que constitui em barreira física dificultando a formação do apotécio e também favorecendo a um ambiente mais propício para produção de microrganismos antagonistas. O problema atualmente se resume no fato que as lavouras de soja e de feijão estão sendo conduzidas em plantio direto “sem” palha, seja pela diminuição da área cultivada com cereais de inverno ou pela adoção do sistema lavoura-pecuária. Nesse último a situação é insustentável pela baixa disponibilidade de palha remanescente após o pastoreio do gado e também pelo alto grau de compactação dos solos pois via de regra não há conscientização por parte do produtor de grãos ou do pecuarista de uma lotação adequada de animais por unidade de área, de disponibilidade de massa seca e de recuperação da estrutura física do solo. Isto também agrava problemas com podridões radiculares.

Os exemplos citados acima podem ser apontados como limitantes do manejo integrado de algumas doenças em plantio direto, principalmente quando inexistente informação segura sobre resistência do material genético e quando o uso do controle químico não é uma medida eficiente de controle.

Considerações finais

O manejo inadequado da rotação e da sucessão de culturas proporcionou o incremento de algumas doenças no sistema plantio direto. Soma-se a isto a pouca importância ou o desconhecimento da análise de risco da semente infectada. O problema tem se agravado em casos específicos mesmo em situações onde a semente e a palha infectada apresentam menor importância como fonte de inóculo primário.

Fica evidente o grau de dificuldade de manejar as doenças por práticas culturais que envolvam manejo do solo e sistema de rotação de culturas como sendo estratégias isoladas de controle. Existe a necessidade de explorar os níveis de tecnologia adotados nas distintas regiões de cultivo, com ênfase aos sistemas de adubação (tipo, quantidade e disponibilidade), melhoria da estrutura física do solo, determinação de arranjo e população de plantas, capacidade para fornecimento de água e maior entendimento das relações biológicas do solo.

Referências Bibliográficas

- Almeida AMR, Torres E, Farias, JRB, Benato, L.C.; Pinto, M.C.; Marin, S.R.R (2001) *Macrophomina phaseolina* em soja: sistema de semeadura, sobrevivência em restos culturais e diversidade genética. Londrina: Embrapa Soja.
- Bergstrom GC, Nicholson RL (1999) The biology of corn anthracnose. Plant Disease 83:596-608.
- Casa RT. (2016) Incidência de doenças vinculadas aos sistemas de produção. In: Paes, M.C.D. (Ed.). Milho e sorgo: inovações, mercado e segurança alimentar. Sete Lagoas: ABMS. pp.337-350.
- Casa RT, Blum MMC, Fontoura SMV (2005) Efeito do pré-cultivo de aveia branca e nabo forrageiro sobre a incidência de podridões do colmo, de grãos ardidos, de fungos nos grãos e sobre o rendimento de grãos de diferentes híbridos de milho. Summa Phytopathologica 31:241-246.
- Casa RT, Reis EM, Moreira EN (2005) Transmissão de fungos em sementes de cereais de inverno e milho: implicações epidemiológicas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). Sementes: Qualidade Fitossanitária. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa. pp.55-71.
- Casa RT, Reis EM, Zambolim L (2003) Decomposição dos restos culturais do milho e sobrevivência saprofítica de *Stenocarpella macrospora* e *Stenocarpella maydis*. Fitopatologia Brasileira, Fortaleza 28: 355-361.

Casa RT, Reis E.M, Zambolim L (2004) Manejo integrado de doenças do milho em plantio direto. In: Zambolim L, Silva AA, Agnes EL (Org.). Manejo integrado: integração lavoura-pecuária Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa. pp. 45-72.

Denti EA, Reis EM (2001) Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de semeadura de plantas na incidência das podridões da base do colmo e no rendimento de grãos do milho. *Fitopatologia Brasileira* 26:635-639.

Derpsch R (1985) Adubação verde e rotação de culturas. In: Encontro Nacional de Plantio Direto, 3, 1985, Ponta Grossa, Anais. Ponta Grossa, PR. Fundação ABC. pp.85-104.

Duveiller E, Dubin HJ, Reeves J, McNab A (1998) Helminthosporium blights of wheat: spot blotch and tan spot. Mexico, D.F.: CIMMYT.

Flett BC, Wehner FC (1991) Incidence of *Stenocarpella* and *Fusarium* cob rots in monoculture maize under different tillage systems. *Journal of Phytopathology* 133:327-333.

Henning AA, Almeida AMR, Godoy CV, Seixas CDS, Yorinori, JT, Costamilan LM, Ferreira LP, Meyer MC, Soares RM, Dias WP (2005) Manual de identificação de doenças de soja. Londrina: Embrapa Soja (Embrapa Soja Documentos 256).

Michereff SJ, Andrade DEGT, Menezes M (2001) Patógenos radiculares em solos tropicais. Recife PE. Universitária UFRPE.

Napoleão R, Café Filho AC, Nasser LCB, Lopes CA, Silva HR (2005) Intensidade do mofo branco do feijoeiro em plantio convencional e direto sob diferentes lâminas d'água. *Fitopatologia Brasileira* 30:374-379.

Napoleão R, Café Filho AC, Lopes CA, Nasser LCB (2006) Efeito do espaçamento e da cultivar de feijoeiro sobre a intensidade do mofo-branco e a sanidade de sementes. *Summa Phytopathologica* 32:63-66.

NAS (1969) Insect pest management and control. National Academy of Sciences, Washington.

Pfenning H (2002) O gênero *Fusarium*: novas tendências na sistemática e patossistemas emergentes. *Fitopatologia Brasileira* 27:21-23.

Pinto NFJA (1998) Patologia de sementes de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. 44p. (EMBRAPA-CNPMS, Circular Técnica, 29).

Reis EM, Casa RT, Bianchin V (2011) Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. *Summa Phytopathologica* 37.3:85-91.

Reis EM, Casa RT, Blum MMC, Santos HP, Medeiros CA (1997) Efeito de práticas culturais na severidade de manchas foliares do trigo e sua relação com a incidência de fungos patogênicos na semente colhida. *Fitopatologia Brasileira* 22:407-412.

Reis E.M, Tomazini SL (2005) Viabilidade de esclerócios de *Sclerotinia sclerotiorum* em duas profundidades no solo. *Summa Phytopathologica* 31:97-99.

Ribeiro NA, Casa RT, Bogo A, Sangoi L, Moreira EN, Wile LA (2005) Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e produtividade de grãos de genótipos de milho em diferentes sistemas de manejo. *Ciência Rural* 35:1003-1009.

Santos HP, Reis EM Derpsch R (1993) Rotação de culturas. In: Embrapa/CNPT. Fundacep, Fecotriga, Fundação ABC. Plantio direto no Brasil. Passo Fundo. Editora Aldeia Norte. pp.85-103.

Sutton JC, Vin TJ (1990) Crop sequences and tillage practices in relation to disease of winter wheat in Ontario. *Canadian Journal Plant Pathology* 12:358-368.

Trento SM, Irgang HH, Reis EM (2002) Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência de grãos ardidos em milho. *Fitopatologia Brasileira* 27:609-613.

Zambolim L, Casa RT, Reis EM (2000) Sistema plantio direto e doenças em plantas. *Fitopatologia Brasileira* 25:585-595.

A mudança no sistema de produção: uma visão do produtor

Ademar Bedin

Comecei minha trajetória na agricultura há 30 anos com meu pai, que já o fazia a 34 anos e observei várias mudanças ao longo deste tempo na forma de se produzir, e fomos implantando cada uma delas para obtermos acréscimos de produção ano após ano. Mas a partir de 2012, comecei a mudar meus conceitos no uso do solo em minha propriedade, onde ao longo dos anos de cultivo observei que ao aumentar os investimentos em adubação, as produções estavam estabilizadas em alguns talhões, ou até diminuía. Então, procurei informações a respeito e constatei que havia algumas doenças provocadas por patógenos de solo e desequilíbrio do mesmo.

Assim, participando de várias palestras e encontros técnicos, nos chamou a atenção uma em especial, onde foi apresentado pelo professor Ademir Calegari as plantas de cobertura e seus benefícios para o melhoramento das condições do solo e controle de patógenos do solo, como os nematoides. Comecei então um trabalho com uma das plantas que me chamou a atenção pelo seu potencial em reciclar fósforo e controlar doenças com um valor comercial bom, pois o seu produto final é a farinha sem glúten: o trigo mourisco ou trigo sarraceno, que se desenvolve com pouca água em seu ciclo, por se tratar de uma planta de origem desértica, o que se encaixaria muito bem na safrinha da minha região (Cristalina-GO).

Após o primeiro cultivo desta planta em safrinha, fiquei ainda mais impressionado com os resultados desta cultura, onde pude observar um aumento expressivo nos níveis de fósforo nas análises realizadas após a retirada da cultura. Em algumas delas houve um aumento de 10 ppm em relação aos níveis anteriores à cultura, mostrando, ainda na cultura subsequente, uma uniformidade mais elevada e acréscimo de produção.

Com base nesta experiência voltei minha atenção a outras plantas que na referida palestra também foram citadas como: nabo forrageiro, sendo ele o melhor reciclador de enxofre; milho variedade ‘ADR 300’, o melhor reciclador de potássio

Produtor rural na região de Cristalina-GO

e de grande ajuda na diminuição de doenças de solo; crambe, também reciclador de enxofre e com suas raízes repelentes de nematoides; e, as crotalárias, grandes recicladoras de nitrogênio e que ajudam no controle de nematoides.

Participei então de um projeto com a orientação do professor Ademir Calegari, chamado ‘Solo Vivo’, onde foram plantados talhões de um hectare com estas plantas para avaliar os resultados de cada uma separados. Pude ver então as melhores características e benefícios para a cultura subsequente e avaliar as produções e redução das doenças e nematoides em cada talhão. Os resultados foram excelentes, com aumento de produção em todos eles.

Vendo os resultados animadores obtidos com o cultivo separado destas plantas, pensamos: por que não cultivá-las em conjunto agregando assim as melhores características de cada uma em um só cultivo? Então começamos a fazer o mix de plantas com nabo, trigo mourisco, milho ADR300, crambe e crotalária e, após o florescimento pleno, foi feita a dessecação. Desta forma, alcançamos os melhores resultados, pois não tivemos banco de sementes no solo para o próximo cultivo. Os resultados foram fantásticos não apenas para o solo que voltou à vida, com o equilíbrio de sua microbiota e diminuição da compactação, mas para o sistema em geral, em que a multiplicação de insetos benéficos como abelhas e insetos predadores tornou-se visível, e o controle de nematoides e de outros patógenos de solo, em geral, foram excelentes.

Vendo todos estes benefícios agregados: o aumento das produções a cada ano (em torno de 5 sacas por hectare) e as doenças causadas por patógenos de solo diminuindo no mesmo ritmo, este manejo se tornou realidade em minha propriedade e hoje, como agricultor que sou, penso que podemos ter uma agricultura eficiente e equilibrada em todos os aspectos, pois temos que pensar no sistema e não apenas na cultura a ser implantada, principalmente se aliarmos plantas de cobertura com bioativadores de solo e alguns produtos biológicos já disponíveis. Assim, conseguiremos recuperar nossos solos, diminuir os patógenos presentes e aumentar sua microbiota, elevando assim sua biodiversidade e com isso alcançarmos altas produtividades com um sistema equilibrado.

Plantas voluntárias de milho e soja com biotecnologia de tolerância ao glifosato como fontes de inóculo de fitopatógenos

Willian Luís Antonio Zancan¹

Helon Santos Neto²

Introdução

No melhoramento de plantas, a biotecnologia permite melhorias que não são possíveis com o cruzamento tradicional. A introdução e expressão funcional de genes em células de plantas possibilitou a produção de plantas transgênicas com tolerância aos herbicidas, resistência melhorada a insetos e doenças, sementes e frutos com qualidades nutricionais aprimoradas, cultivares melhor adaptadas às condições ambientais adversas e sistemas de cultivo mais econômicos com menor risco ao meio ambiente e a saúde.

Na década de 80, com o objetivo de tornar a vida do produtor rural mais simples, eficiente e lhe proporcionar maiores ganhos, a empresa Monsanto desenvolveu por meio da biotecnologia a semente de soja com tecnologia Roundup Ready® (Monsanto). A tecnologia Roundup Ready® proporcionou materiais tolerantes ao uso do herbicida glifosato ((N-(fosfonometil) glicina), um herbicida não-seletivo e sistêmico de amplo espectro.

A tecnologia Roundup Ready® revolucionou o sistema de cultivo das culturas do milho e da soja. A tolerância ao glifosato possibilita vários benefícios ao agricultor, no entanto, para que seja explorado todo o potencial do material genético a ser cultivado, é necessário observar a tecnologia sendo aplicada dentro de um conjunto de medidas de manejo.

Neste capítulo, serão discutidas as implicações da utilização da soja e do milho com o evento transgênico de resistência ao glifosato no sistema de sucessão soja-milho em safras consecutivas, com enfoque principal no manejo de doenças.

¹Inbred specialist Monsanto do Brasil

²Universidade Federal de Lavras

Mercado atual de soja e milho geneticamente modificados

Em 2016, o Brasil plantou 49,14 milhões de hectares com culturas transgênicas, ficando atrás somente dos EUA (72,92 milhões de hectares), representando 27% da área global de 185,1 milhões de hectares. Adicionalmente, a área total de cultivo de transgênicos no Brasil em 2016 foi 11% maior do que em 2015 (44,2 milhões de hectares). Este aumento de 4,9 milhões de hectares foi, de longe, o maior aumento em qualquer país em todo o mundo no ano de 2016, tornando o Brasil, o motor do crescimento em biotecnologia (ISAAA, 2016).

No mundo das culturas transgênicas existem: ~32,7 milhões de hectares de soja transgênica; 15,7 milhões de hectares de milho transgênico (milho de verão e inverno); ~0,8 milhão de hectares de algodão transgênico (ISAAA, 2016). A área total semeada com essas três culturas no Brasil foi estimada em 52,6 milhões de hectares, dos quais 93,4% (49,1 milhões de hectares) foram plantadas culturas com evento transgênico (Céleres, 2017).

Na cultura da soja, a área com cultivares transgênicas atingiu 32,7 milhões de hectares (3,9% superior à safra 2015/16) ou 96,5% do total semeado, divididos em 59,8% para a tecnologia RI/TH (resistência a insetos e tolerância a herbicidas) e 36,7% para os genes com tolerância a herbicida (Céleres, 2017).

O milho transgênico no Brasil finalizou a safra 2016/17 com 88,4% de taxa de adoção. Deste total, 63,9% foram cultivados com eventos RI/TH, 20,7% com milho resistente a insetos e 3,8% com a tecnologia tolerante a herbicida. Para o milho de inverno, materiais geneticamente modificados representaram 91,8% da área total semeada (10,4 milhões de hectares), 15,4% maior que o mesmo período do ano passado. Os eventos RI/TH, também, foram dominantes para a cultura do milho de inverno, alcançando 7,1 milhões de hectares e taxa de adoção de 62,4%. As outras tecnologias – RI e TH – atingiram 24,8% e 4,6% da área semeada, respectivamente. Já para o milho verão, a área total com materiais transgênicos foi de 5,3 milhões de hectares (aumento de 16,2% em relação a 2015/16), 82,4% de adoção. A tecnologia com genes combinados representou 66,5% do total semeado, seguida pelo milho RI (13,5% do total) e dos eventos tolerantes a herbicidas (2,5% do total) (Céleres, 2017).

A cultura do milho segunda safra, em 2017, apresentou pela 8ª vez consecutiva aumento de área, totalizando aproximadamente 11,3 milhões de hectares, o que representa um aumento em torno de 7,0% em relação à safra anterior, alcançando altas produtividades (Figura 1), segundo o 6º Levantamento Agrícola (Conab, 2017). Por fim, conforme levantamentos técnicos citados anteriormente, o aumento da área cultivada de milho segunda safra, ou safrinha, em sucessão à cultura da soja tem proporcionado, também, acréscimos no uso de híbridos com tolerância ao herbicida glifosato.

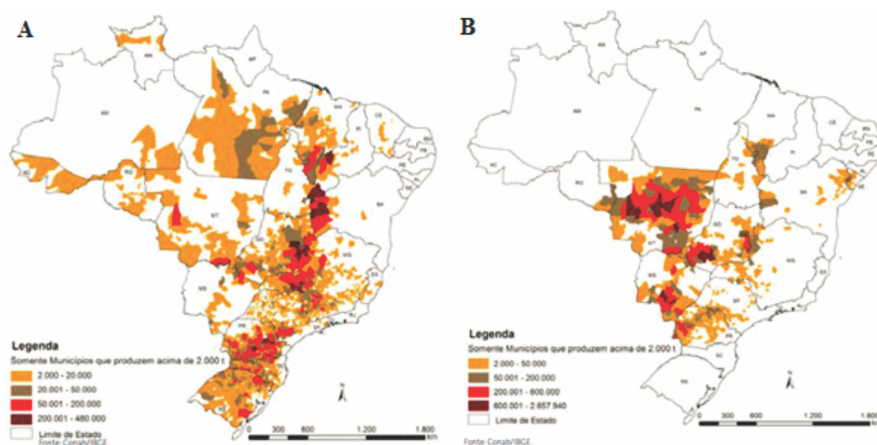


FIGURA 1. Mapa de produtividade de milho primeira (A) e segunda (B) safra (Fonte: Conab, 2017).

Milho voluntário

O milho voluntário é uma planta daninha problemática em campos de soja podendo causar problemas durante a colheita, reduzindo o rendimento e a qualidade das sementes, e potencialmente abriga insetos, pragas e doenças (Chahal et al., 2014). Em lavouras de milho, as plantas que emergem de grãos de colheita anterior podem constituir fonte de inóculo de agentes causais de doenças, principalmente daquelas que dependem da planta viva para sobrevivência (Pinto et al., 2007).

Apesar da intensa adoção de novas tecnologias e do eficiente controle dos fatores de produção, ainda é comum a observação de altos índices de perdas na colheita, favorecendo o aparecimento de plantas voluntárias ou tigueras na próxima lavoura. Atualmente no Brasil, as perdas de grão de milho por hectare estão próximas a 4%, sendo estas perdas geradas tanto por grãos, quanto por espigas. Os grãos desprendidos das espigas, geralmente, germinam logo em seguida, enquanto os grãos não debulhados, que continuam ligados às espigas, apresentam desuniformidade de emergência, o que resulta em sucessivos fluxos (Figura 2), geralmente na cultura da soja (Oliveira et al., 2013). Deen et al. (2006) ponderam que o milho voluntário, oriundo de grãos ainda ligados às espigas, predomina em áreas em que ocorreu acamamento da colheita e, nesta situação, o milho voluntário ocorre em “touceiras” que, na prática, proporcionam alta densidade de plantas no local em que se encontra o segmento da espiga.



FIGURA 2. Plantas voluntárias de milho com tecnologia Roundup Ready® (tigueras) em lavoura de soja (Fonte: Embrapa soja e Aprosoja).

Além de perdas por problemas na colheita ainda no campo, as tigueras podem aparecer também nos acostamentos das rodovias. Assim, sabendo-se que o escoamento da produção agrícola brasileira é majoritariamente realizado por transporte rodoviário, Oliveira et al. (2013) salientam que estas perdas geralmente estão em torno de 10%, independentemente da cultura.

Desta forma, o aumento da área plantada de milho na segunda safra associado ao uso de materiais geneticamente modificados tolerantes ao glifosato tem onerado ainda mais os custos de produção devido à dificuldade do controle de milho tiguera e, consequentemente, o manejo fitossanitário destas plantas que podem servir de inóculo para doenças foliares, causadas pelos fungos *Cercospora zea-maydis*, *Bipolaris maydis* e *Exserohilum turcicum*, doenças de colmo, causadas pelos fungos *Fusarium verticillioides*, *Gibberella zea* e *Colletotrichum graminicola*, e por fim, doenças de espigas, causadas por *Fusarium verticillioides* e *Stenocarpella macrospora/maydis*. Um dos exemplos de doenças que atualmente vem causando enormes perdas de qualidade e produtividade no cenário agrícola são os mollicutes, causadores do complexo de enfezamentos na cultura do milho, cujo vetor é a cigarrinha *Dalbulus maidis* (Figura 3).

Os mollicutes são transmitidos de forma persistente propagativa pela cigarrinha *D. maidis* e esse inseto-vetor tem ampla ocorrência nas lavouras de milho das regiões do Sul, Sudeste e Centro-Oeste. O complexo de enfezamentos pode ocorrer em 100% das plantas de uma lavoura de milho, podendo causar perda total na produção, além de oneração nos custos de aplicações, envolvendo defensivos agrícolas e máquinas (Oliveira et al., 2003).

No estado do Paraná, a perda causada pelos enfezamentos, no milho safrinha, foi estimada em 16,5 milhões de dólares (Oliveira et al., 2003; Toffanelli & Bedendo,

2002). Avaliações de campo, realizadas nas condições brasileiras, têm demonstrado que os enfezamentos podem ocorrer com alta incidência, atingindo valores variáveis de 65,3% a 100% (Oliveira et al., 1998).

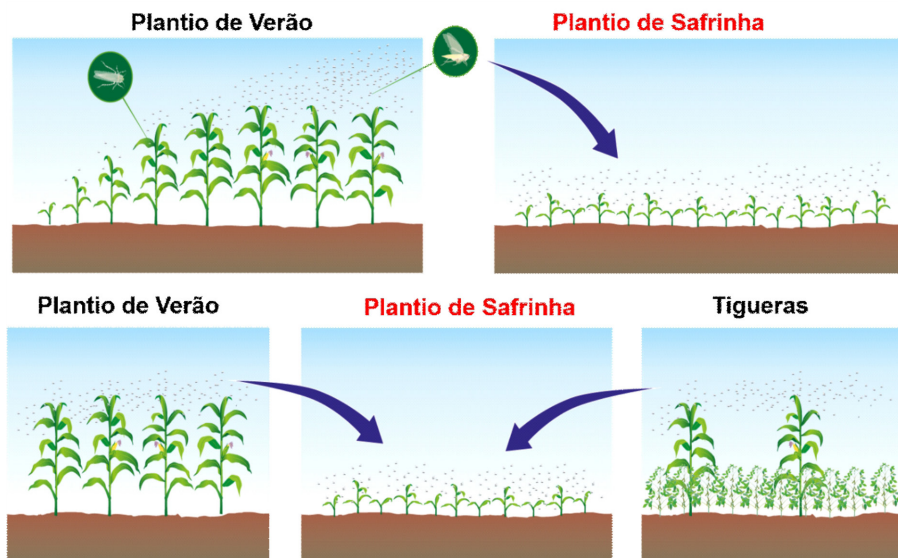


FIGURA 3. Esquema do fluxo de população da cigarrinha do milho *Dalbulus maidis* na safra de verão e safrinha, além da presença das mesmas em plantas tigueras de milho no cultivo da soja (Fonte: Charles Martins de Oliveira – Embrapa).

Além do complexo de enfezamentos, a cigarrinha *D. maidis*, também, pode transmitir a virose rayado fino, denominada de risca, ocorrendo nas principais regiões produtoras e causando danos na ordem de até 30% na produção de grãos (Costa et al., 2009). Plantas voluntárias de milho tem sido também um ambiente favorável para a sobrevivência deste vírus, tornando-se “ponte verde” para a próxima safra, podendo iniciar o processo de infecção nos estádios fenológicos iniciais da cultura do milho.

Soja voluntária

Devido ao crescimento da produção de soja nos últimos anos, alguns processos no momento da colheita necessitaram ser aperfeiçoados. Contudo, mesmo assim o índice de soja tigueras encontrado na lavoura ainda é muito grande. As plantas de soja

tinguera germinam a partir de grãos perdidos durante a colheita e se tornam fontes de inóculo de pragas e doenças.

Em levantamento realizado no estado do Paraná, após a colheita da safra de 2006/2007, na pré-semeadura do trigo ou da aveia e na pós-semeadura do milho safrinha, foram identificadas 10,56 e 9,17 plantas de soja voluntária m^{-2} , contra apenas 5,98 planta m^{-2} nas amostragens realizadas na pré-semeadura do milho safrinha, o que indica que a soja voluntária é uma infestante importante para as culturas de inverno no Paraná, pois, na média, está presente em 75% das áreas, com uma população de 8,57 plantas m^{-2} (Adegas et al., 2008).

A necessidade de controle eficaz de plantas voluntárias de soja intensificou-se nos últimos anos, em função do aumento da incidência de doenças, principalmente a ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* e atualmente considerada a doença foliar com maior potencial destrutivo na cultura da soja podendo causar perdas de produtividade de até 90% (Yorinori et al., 2005).

Plantas de soja que sobrevivem na entressafra (Figura 4) podem servir como hospedeiras para a sobrevivência do inóculo e multiplicação do fungo causador da doença (Yorinori et al., 2004). Além disso, plantas voluntárias podem causar perdas devido à matocompetição em cultivos subsequentes (Young et al., 2007).

A partir do estabelecimento do vazio sanitário, o controle dessas plantas é obrigatório e regulamentado por lei em vários estados brasileiros (Seixas & Godoy, 2007). Além disso, a interferência de plantas voluntárias em cultivos em sucessão pode refletir em perdas na produtividade dessas culturas (York et al., 2005).

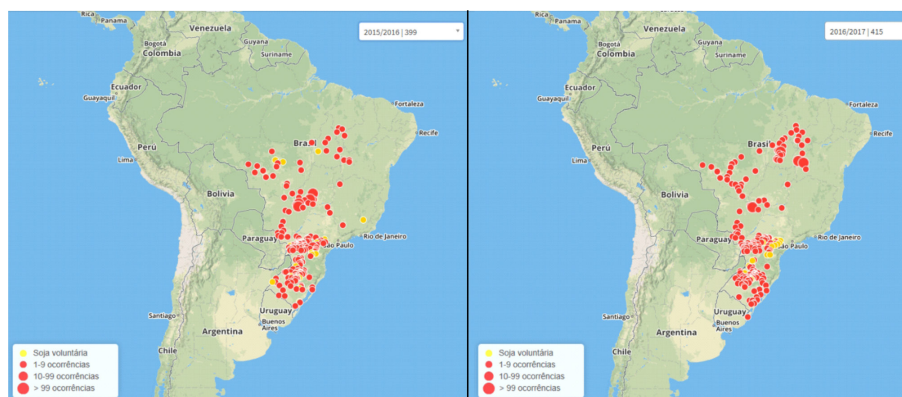


FIGURA 4. Levantamento de presença de soja voluntária contendo o fungo *Phakopsora pachyrhizi* na safra 2015/16 e 2016/17 (Fonte: Consórcio Antiferrugem).

Sistema de manejo integrado de soja e milho com tecnologia Roundup Ready®

O glifosato é uma alternativa eficaz para o controle tanto de plantas voluntárias de milho como de soja na tecnologia convencional. No entanto, a presença de plantas voluntárias com tecnologia Roundup Ready® em lavouras de produção de milho ou de soja, com a mesma biotecnologia de tolerância a herbicidas, eleva o custo de manejo de plantas daninhas e algumas medidas devem ser seguidas de maneira a mitigar os danos destas plantas, seja como fonte de inóculo primário de doenças, como também em virtude da matocompetição com a cultura instalada.

Dentre os princípios para minimizar problemas advindos de plantas tigueras, o principal é a realização de uma colheita eficiente, através de uma correta regulação da colheiteadeira, evitando ao máximo a perda de grãos e espigas.

No caso da presença de plantas voluntárias de milho RR, o ideal é que seja realizado o controle destas plantas ainda na fase inicial, antes da semeadura, ou logo após a emergência da soja, quando as plantas de milho estão em estádios fenológicos iniciais (V2-V3, duas e três folhas verdadeiras expandidas). Uma alternativa para o controle se dá através do uso de graminicidas do grupo Ariloxi-fenoxi propionatos (FOPs) e Oxima ciclohexanodionas (DIMs) (Hochberg et al., 2009).

Gradualmente, quanto mais avançados os estádios fenológicos, mais difícil o controle das plantas voluntárias de milho e, consequentemente, maior dose e aumento de custos. Neste caso, os graminicidas FOPs apresentam maior eficiência em nível de campo, em relação aos DIMs. Normalmente, estão sendo necessárias duas aplicações de graminicidas seletivo em pós-emergência, havendo registros a campo de 3 até 4 aplicações para o controle, dependendo do fluxo de germinação das espigas remanescentes no solo (Christoffoleti & Figueiredo, 2014).

Outra opção de manejo é a utilização do método mecânico, ou seja, capinar as plantas de milho quando as mesmas estiverem na fase inicial dependendo da quantidade e tamanho da área plantada.

No caso das plantas voluntárias de soja RR, na cultura do milho, as mesmas são mais fáceis de manejar, pois o herbicida atrazine, utilizado em mais de 75% dos cultivos de milho, apresenta boa eficácia de controle desta tigueras (Vasconcellos & Landgraf, 2015).

Adicionalmente, em sistemas de produção em que após a colheita de verão do milho ocorre o plantio de planta de cobertura, como por exemplo, o milheto, a presença de plantas tigueras deve ser monitorada com maior rigor por causa da dificuldade de controle (Oliveira et al., 2013).

Neste contexto, a sucessão soja - milho tolerantes ao glifosato em safras consecutivas se tornou comum nos diferentes ambientes tropicais, tornando a agricultura moderna ainda mais complexa e desafiadora, na qual cada cenário precisa ser estudado isoladamente, exigindo dedicação, conhecimento técnico e dinâmicas de manejo da lavoura.

Referências Bibliográficas

- Adegas FS, Gazziero DLP, Voll E (2008) Manejo de soja voluntária resistente ao glifosato. In: Congresso Brasileiro de Plantas Daninhas, 26, Sete Lagoas, Resumos... Sete Lagoas: SBCPD.
- Céleres (2017). 3º Levantamento de adoção da biotecnologia agrícola no Brasil, safra 2016/17. Available at: <http://www.celeres.com.br/3o-levantamento-de-adocao-da-biotecnologia-agricola-no-brasil-safra-201617/>. Accessed on August 06, 2017.
- Chahal PS, Kruger G, Blanco-Canqui, H, Jhala AJ (2014) Efficacy of pre-emergence and post-emergence soybean herbicides for control of glufosinate-, glyphosate and imidazolinone-resistant volunteer corn. *Journal of Agricultural Science* 6:131-40.
- Christoffoleti PJ, Figueiredo MRA (2014) Voluntárias indesejadas. *Cultivar Grandes Culturas* 15:28-29.
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento (2017) Acompanhamento da safra brasileira. 6º Levantamento Agrícola. Safra 2016/17. 4.
- Costa RV, Casela CR, Cota LV (2009) Doenças. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção. 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica – 5ª Edição.
- Deen W, Hamill A, Shropshire C, Soltani N, Sikkema PH (2006) Control of volunteer glyphosate resistant corn (*Zea mays*) in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). *Weed Technology* 20:261-266.
- Hochberg O, Sibony M, Rubin B (2009) The response of ACCase-resistant *Phalaris paradoxa* populations involves two different target site mutations. *Weed Research* 49:37-46.
- ISAAA - International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (2016) Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016. ISAAA Brief No. 52. ISAAA: Ithaca, NY.
- Monsanto. Soja Roundup Ready. Available at: <http://www.monsantoglobal.com/global/br/produtos/pages/soja-rr.aspx>. Accessed on August 13, 2017.
- Oliveira E, Resende RO, Giménez Pecci MLP, Laguna IG, Herrera P, Cruz I (2003) Ocorrência e perdas causadas por mollicutes e vírus na cultura do milho safrinha no Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38:19-25.
- Oliveira E, Waquil JM, Fernandes FT, Paiva E, Resende RO, Kitajima WE (1998) Enfezamento pálido e enfezamento vermelho na cultura do milho no Brasil Central. *Fitopatologia Brasileira* 23:45-47.
- Oliveira MF, Júnior RSO, Karam D, Sobrinho JBG (2013) Plantas de milho RR “tiguera” e as culturas em sucessão. *Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo*. Ano 07, Edição 47.
- Pinto NFJ, Oliveira E, Fernandes FT (2007) Manejo das principais doenças do milho. Circular Técnico 92. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.
- Seixas CDS, Godoy CV (2007) Vazio sanitário: panorama nacional e medidas de monitoramento. In: Simpósio Brasileiro de Ferrugem Asiática da Soja, 2007. Resumos... Londrina: Embrapa Soja, p. 21-31.

Toffanelli CM, Bedendo IP (2002) Effect of infective population of *Dalbulus maidis* on kernel yield and symptoms development associated with the maize bushy stunt phytoplasma. *Fitopatologia Brasileira* 27:82-86.

Vasconcellos JH, Landgraf L (2015) É preciso manejo para controlar plantas tigueras mais resistentes. Available at: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2678142/e-preciso-manejo-para-controlar-plantas-tigueras-mais-resistentes>>. Accessed on August 07, 2017.

Yorinori JT, Nunes Júnior J, Lazzarotto JJ (2004) Ferrugem “asiática” da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. Londrina: Embrapa Soja, p. 36.

Yorinori JT, Paiva WM, Frederick RD, Costamilan LM, Bertagnolli PF, Hartman GL, Godoy CV, Nunes Junior J (2005) Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay. *Plant Disease* 89:675-677.

York AC, Beam JBB, Culpepper AS (2005) Control of volunteer glyphosate resistant soybean in cotton. *Journal of Cotton Science* 9:102-109.

Young BG, Rundle MF, Walter SA (2007) Efficacy of post emergence corn and soybean herbicides on volunteer horseradish (*Armoracia rusticana*). *Weed Technology* 21:501-505.

Mollicutes em milho: a diversificação de sistemas de produção pode ser a solução?

Dagma Dionísia da Silva¹
Frederick Mendes Aguiar²
Luciano Viana Cota¹
Rodrigo Vêras da Costa¹
Simone Martins Mendes³

Introdução

Os *Mollicutes* são os patógenos responsáveis pelos enfezamentos do milho, doença sistêmica ocasionada pela infecção dos tecidos do floema das plantas. Dois tipos de enfezamento são conhecidos, o enfezamento pálido e o vermelho, o primeiro causado pelo procarionte *Spiroplasma kunkelli* e o segundo por *Phytoplasma*. Ambos são transmitidos de forma persistente propagativa pela cigarrinha do milho *Dalbulus maidis* DeLong & Wolcott) (Homoptera: Cicadellidae). Além dos mollicutes, *D. maidis* também transmite a virose conhecida como raiado fino. Perdas de 28,6% na produção de grãos de milho devido ao raiado fino em Minas Gerais foram registradas em 1997 (Waquil, 1997). Já a incidência de enfezamentos pode resultar em grandes perdas na produtividade do milho, podendo chegar a 100%, em função da época de infecção e da suscetibilidade da cultivar (Nault, 1990).

Entre os efeitos nas plantas devido aos enfezamentos estão a redução de crescimento e desenvolvimento das plantas, proliferação e malformação de espigas, espigas improdutivas, enfraquecimento dos colmos das plantas, favorecimento de infecções dos colmos que resultam em tombamento, entre outros que irão afetar a

¹Fitopatologistas, ³Entomologista, Pesquisadores Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 65, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG. E-mails: dagma.silva@embrapa.br; luciano.cota@embrapa.br; rodrigo.veras@embrapa.br; simone.mendes@embrapa.br

²Fitopatologista, Pós-doutorado programa Capes/ Embrapa. Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 65, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG. E-mail: frederick.aguiar@colaborador.embrapa.br

produtividade. Segundo Waquil (1997), plântulas de milho infestadas com até 10 cigarrinhas adultas/planta sofrem redução de 40 e 62% de peso seco da parte aérea e sistema radicular respectivamente. Assim, nas fases iniciais da lavoura, quanto maior a população de cigarrinha estiver, maior será a necessidade de proteção das plantas. De acordo com Massola Junior (1999), quanto mais cedo os sintomas se manifestarem maiores serão os prejuízos, sendo que para cada 1% de aumento na incidência de enfezamentos, ocorre 0,8% de redução em produção.

Embora estejam presentes em todas as regiões produtoras, nas últimas safras, os enfezamentos se destacaram entre as doenças de milho no Brasil, principalmente nas regiões Centro Oeste e Sudeste, onde causaram grandes perdas a produtores que semearam cultivares suscetíveis.

O sistema de cultivo do milho no Brasil em duas safras, no verão (primeira safra) e na safrinha (segunda safra), permite que haja uma ponte verde da cultura e permite também que o ciclo de vida da cigarrinha se complete, favorecendo o aumento de sua população. Embora possa ocorrer na primeira safra, no período segunda safra ou em plantios tardios as populações de cigarrinha aumentam e resultam em maior incidência dos enfezamentos (Waquil, 1997). Além disso, em função do milho com resistência a herbicida, maior dificuldade tem sido encontrada para controlar a tiguera, como é chamado o milho voluntário que fica nas lavouras durante todo ano (Silva & Karan, 2013). Assim a manutenção de plantas de milho nas áreas de lavoura é condição favorável para permanência dos patógenos e do vetor.

O manejo dos enfezamentos tem sido difícil devido à baixa eficiência de controle da cigarrinha via aplicação de inseticidas, por não haver controle para os mollicutes após a infecção das plantas e por haver poucas informações sobre a reação das cultivares às doenças. Além disso, a falta de conhecimento dos produtores sobre época de controle do vetor prejudica ainda mais o controle da cigarrinha e consequentemente dos enfezamentos.

Todas estas questões serão abordadas a seguir com objetivo de analisar como o sistema produtivo pode ser alternativa para redução da incidência de enfezamentos no Brasil.

Enfezamento pálido

O enfezamento pálido do milho é causado pelo procarionte denominado *Spiroplasma kunkelii* Whitcomb (Corn Stunt Spiroplasma). Baseado em sua ultraestrutura e sua morfologia, este espiroplasma é pertencente ao domínio Bacteria, classe Mollicutes, ordem Entomoplasmatales e família Spiroplasmataceae. Este patógeno é um microorganismo anaeróbico facultativo, gram-positivo, helicoidal, cultivável e sorologicamente pertence ao grupo I dos espiroplasmas, subgrupo 3. O conteúdo G+C de seu DNA é de 26% e o peso molecular de 10⁹ kDa. Não possui parede celular típica das bactérias, sendo cercado apenas por uma membrana celular.

S. kunkelii é sensível à tetraciclina, mas não à penicilina. A temperatura ótima de crescimento está entre 30°C e 32°C (Whitcomb et al., 1986, Firrao et al., 2004, Davis et al., 2015).

Os sintomas do enfezamento pálido são estrias cloróticas delimitadas que se iniciam na base das folhas, plantas com altura reduzida, encurtamento de entrenós, brotos nas axilas foliares e cor avermelhada em folhas, podendo ocorrer enfraquecimento dos colmos e proliferação de espigas, (Shurtleff, 1986) (Figuras 1 e 2).



FIGURA 1. Sintomas do enfezamento pálido em plantas de milho. (Foto: Dagma Dionísia da Silva - Embrapa Milho e Sorgo).



FIGURA 2. Planta de milho com sintomas do enfezamento pálido apresentando desenvolvimento prejudicado (Foto: Dagma Dionísia da Silva - Embrapa Milho e Sorgo).

Enfezamento vermelho

O enfezamento vermelho do milho é causado pelo procarionte conhecido pelo nome comum fitoplasma (*Maize bushy stunt phytoplasma*). Também pertencente

a classe dos Mollicutes, porém pertence a ordem Achleplasmatales, família Achleplasmataceae e gênero Candidatus Phytoplasma. Este patógeno não possui parede celular, apresenta morfologia não helicoidal, seu genoma é reduzido, pertence ao grupo 16SrI, subgrupo B e não cresce em meio de cultura. O período de incubação no inseto vetor é a principal característica que difere os dois patógenos causadores de enfezamento no milho, o fitoplasma fica incubado por 24 dias, já o período de incubação do *S. kunkelii* é de 19 dias (Nault, 1980, Lee et al., 2000, Hogenhout et al., 2008, Orlovskis et al., 2017).

Os sintomas do enfezamento vermelho são amarelecimento e/ou avermelhamento das folhas geralmente iniciando pelas bordas, perfilhamento e proliferação de espigas por planta (Shurtleff, 1986) (Figura 03).



FIGURA 3. Sintomas do enfezamento vermelho em plantas de milho. (Foto: Dagma Dionísia da Silva - Embrapa Milho e Sorgo).

Risca do milho ou Raiado fino

O agente da risca do milho é o *Maize rayado fino vírus* – MRFV, que pertence ao gênero Marafivirus, família Tymoviridae é um dos mais importantes vírus em milho em diversos países. Os sintomas da risca do milho são a formação de pequenos pontos cloróticos nas folhas que podem coalescer com o avanço da doença, formando linhas ao longo das nervuras (Sabato et al., 2013) (**FIGURA 04**). No Brasil, sua incidência geralmente está associada à ocorrência dos enfezamentos, porém sua correlação com os sintomas dos enfezamentos ainda precisa ser esclarecida (Hammond & Bedendo, 2001).

Quando ocorre infecção precoce por MRFV pode haver redução de crescimento e aborto das gemas florais. Plantas de milho infectadas com o MRFV não apresentam a extensiva coloração vermelha ou amarela associada à infecção pelos mollicutes (Waquil, 2004).



FIGURA 4. Sintomas de risca do milho ou Rayado fino. (Fonte: Dagma Dionísia da Silva - Embrapa Milho e Sorgo).

Inseto vetor

A cigarrinha do milho *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) é considerada uma das pragas mais importantes da cultura (Oliveira, 2013), sendo vetor de três doenças sistêmicas, o enfezamento pálido, o enfezamento vermelho e a risca do milho ou raiado fino. Em campo, os sintomas dessas doenças podem ocorrer de forma simultânea (Massola Junior, 2001).

O inseto adulto tem entre 3,7 a 4,3 mm de comprimento, com fêmeas geralmente maiores que machos (Oliveira et al., 2017). As características da cigarrinha são coloração palha com manchas negras no abdômen e duas manchas negras na cabeça, similares a olhos escuros (*Figura 05*). Adultos e ninfas vivem em colônias no cartucho e folhas jovens do milho e ambos sugam a seiva das plantas onde adquirem os patógenos e posteriormente os transmite de forma persistente propagativa (Waquil, 2004).

Seca precoce e morte de plantas podem ocorrer em casos onde a população de cigarrinha é alta, ocorre a intensa sucção de seiva, com liberação excreção de substâncias tóxicas açucaradas que atraem fungos e a grande quantidade de ovos depositados nas folhas (Waquil, 1999 citando Bushing & Burton 1974, Nault et al., 1983, Marín, 1987).

O ciclo de vida de ovo a adulto da cigarrinha é em torno de 45 dias. Sob condições favoráveis de temperatura, 26 e 32 °C, o ciclo pode ser completado em 24 dias. Na fase adulta as fêmeas podem depositar cerca de 14 ovos/dia, totalizando em média, 611 ovos durante seu ciclo. Assim, considerando o ciclo do milho em torno de 180 dias, as populações podem aumentar devido às várias gerações de *D. maidis* nesse período. Isto permite que cigarrinhas de lavouras mais velhas migrem para lavouras mais novas (Waquil, 2004). Segundo Oliveira e Querino (2017), as variáveis do ciclo de vida de vida de *D. maidis*, seu comportamento e ecologia são fundamentais para compreender a interação vetor/patógenos/hospedeiro e provavelmente para o desenvolvimento de estratégias de manejo dos enfezamentos. *D. maidis*, pode se desenvolver de forma contínua em países de clima tropical e subtropical onde as temperaturas médias são mais elevadas, dependendo exclusivamente de alimento disponível. O curto período entre a colheita e o plantio de nova safra, para culturas anuais, pode apresentar um obstáculo dentro do ciclo de vida do inseto (Oliveira e Querino, 2017). No caso do milho, isto não acontece na maior parte do país, daí a importância de quebra do ciclo biológico de *D. maidis* e de ponte verde na cultura.

Ainda, na ausência do hospedeiro e de hospedeiros alternativos, a cigarrinha poderia utilizar a migração a longas distâncias como estratégia de sobrevivência (Oliveira et al., 2013), bem como a diapausa (espécie de estado de dormência em insetos) em restos culturais de milho e outros hospedeiros e em plantas voluntárias (Oliveira et al., 2013, Oliveira & Querino, (2017 apud Larsen et al., 1992).



FIGURA 5. Cigarrinha do milho, *D. maidis* (Foto: Dagma Dionísia da Silva - Embrapa Milho e Sorgo).

Hospedeiros

A cigarrinha do milho se reproduz com sucesso em espécies de *Zea*, como demonstrado por Belota et al. (2017), em teosinte e eosinte perene (*Zea diploperennis*), ou (*Zea mays parviglumis*) sua reprodução é menor. De acordo com Ramos 2016, a cigarrinha possui coevolução com a planta de milho. Embora possam se alimentar em outras monocotiledôneas e dicotiledôneas na ausência do milho Nault, 1990; Larsen et al., 1992, apud Summer et al., 2004). Como hospedeiros de *D. maidis* até o momento, apenas as espécies de milho (*Zea mays*), tripsacum (*Tripsacum dactyloides*) e teosinto (*Euchlaena mexicana*) foram relatadas por Tsai (1988, apud Waquil, 1997).

Segundo Oliveira et al. (2013), no Brasil, a sobrevivência da cigarrinha na entressafra parece ser mais drástica, quando se pensa em hospedeiros alternativos, pois plantas como teosintos e tripsacum não são comuns. De acordo com os autores, na ausência de outras plantas hospedeiras, *D. maidis* estaria em completa dependência de seu hospedeiro primário, o milho, podendo utilizar a migração ou dispersão para a localização de novos cultivos ao final de cada safra.

A cigarrinha do milho se reproduz com sucesso em espécies de *Zea*, como demonstrado por Belota et al. (2017), em teosinte e eosinte perene (*Zea diploperennis*), ou (*Zea mays parviglumis*) sua reprodução é menor. De acordo com Ramos 2016, a cigarrinha possui coevolução com a planta de milho. Embora possam se alimentar em outras monocotiledôneas e dicotiledôneas na ausência do milho Nault, 1990, Larsen et al., 1992, apud Summer et al., 2004). Como hospedeiros de *D. maidis* até o momento, apenas as espécies de milho (*Zea mays*), tripsacum (*Tripsacum*

dactyloides) e teosinto (*Euchlaena mexicana*) foram relatadas por Tsai (1988, apud Waquil, 1997).

Segundo Oliveira et al. (2013), no Brasil, a sobrevivência da cigarrinha na entressafra parece ser mais drástica, quando se pensa em hospedeiros alternativos, pois plantas como teosintos e tripsacum não são comuns. De acordo com os autores, na ausência de outras plantas hospedeiras, *D. maidis* estaria em completa dependência de seu hospedeiro primário, o milho, podendo utilizar a migração ou dispersão para a localização de novos cultivos ao final de cada safra.

Waquil (1997) verificou a predominância de cigarrinhas adultas/10m de área quando comparado o milho em relação a áreas em pousio ou onde o sorgo foi cultivado. Em milho foram capturados 52,5 indivíduos enquanto em sorgo foram coletados 23,5 e nas plantas daninhas da área de pousio 10,8. Segundo o autor, a presença de *D. maidis* no sorgo, não foi suficiente para comprovar a utilização dessa espécie como hospedeiro, sendo provável que a cigarrinha utilize o sorgo, apenas para alimentação e/ou abrigo.

Várias plantas têm sido citadas como abrigo para *D. maidis*. Sobrevivência de *D. maidis* foi observada em alfafa, tritcale e *Paspalum* sp (Summers et al., 2004), crotalária, guanxuma, anileira em áreas de soja (Frizzas & Silveira, 1998). Porém respostas sobre se tais plantas podem servir de alimento e influenciar na sobrevivência e reprodução da cigarrinha e fonte de inóculo dos fitoplasmas ainda são necessárias.

Haas (2005) avaliaram gramíneas utilizadas em pastagens e plantas daninhas que ocorrem em áreas de milho como hospedeiros potenciais de *D. maidis* e o fitoplasma (enfezamento vermelho). Treze espécies de capim e ervas daninhas, foram inoculadas com fitoplasma via cigarrinhas infectivas. Foram avaliados os sintomas, sobrevivência das cigarrinhas e a presença do patógeno nas plantas. O fitoplasma foi detectado em capins colônia (*Panicum maximum*), braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*). As cigarrinhas sobreviveram até o final dos experimentos nos três capins. Posteriormente, Haas (2010), inoculou o espiroplasma (enfezamento pálido), em milho, nos três capins utilizados em 2005 e acrescentou outras espécies de plantas, dentre os quais, milheto (*Pennisetum americanum*), capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) e as plantas daninhas capim gordura (*Melinis minutiflora*), capim camelote (*Rottboelia exaltata*), capim carrapicho (*Cenchrus echinatus*), beldroega (*Portulaca oleracea*), capim massarambá (*Sorghum halepense*) e capim amargoso (*Digitaria insularis*). Foram avaliados a presença do patógeno nas plantas, a sobrevivência da cigarrinha e alterações bioquímicas nas plantas de milho causadas pelo espiroplasma. O fitoplasma foi inoculado apenas nos três capins, sendo avaliada a capacidade de transmissão do patógeno destas gramíneas para o milho. Neste trabalho, com exceção do milho, em nenhuma das espécies inoculadas foi identificado sintoma do enfezamento pálido e presença de espiroplasma. A presença de fitoplasma foi confirmada nos três capins inoculados, podendo ser fonte de inóculo para o enfezamento vermelho. Porém, apenas cigarrinhas alimentadas em capim colônia infectado transmitiram eficientemente o

enfezamento vermelho para o milho nas condições experimentais. Segundo a autora, a transmissão do fitoplasma para os capins, tem valor epidemiológico para a doença, pois permite a sobrevivência do patógeno. A transmissão do fitoplasma adquirido pela cigarrinha nas gramíneas para o milho pode ter outras proporções quando comparadas com condições experimentais. Ramos (2016) demonstrou que a infecção com o fitoplasma pode reduzir a sobrevivência do inseto, e que a relação e a infecção podem alterar as características biológicas do inseto.

Os resultados destes trabalhos reforçam a necessidade de aprofundar as pesquisas que esclareçam a existência de outros hospedeiros além do milho para a cigarrinha e mollicutes e seu papel na disseminação do inseto e patógenos.

Várias plantas têm sido citadas como abrigo para *D. maidis*. Sobrevivência de *D. maidis* foi observada em alfafa, tritcale e *Paspalum* sp (Summers et al., 2004), crotalária, guanxuma, anileira em áreas de soja (Frizzas & Silveira, 1998). Porém respostas sobre se tais plantas podem servir de alimento e influenciar na sobrevivência e reprodução da cigarrinha e fonte de inóculo dos fitoplasmas ainda são necessárias.

Haas (2005) avaliaram gramíneas utilizadas em pastagens e plantas daninhas que ocorrem em áreas de milho como hospedeiros potenciais de *D. maidis* e o fitoplasma (enfezamento vermelho). Treze espécies de capim e ervas daninhas, foram inoculadas com fitoplasma via cigarrinhas infectivas. Foram avaliados os sintomas, sobrevivência das cigarrinhas e a presença do patógeno nas plantas. O fitoplasma foi detectado em capins colônio (*Panicum maximum*), braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*). As cigarrinhas sobreviveram até o final dos experimentos nos três capins. Posteriormente, Haas (2010), inoculou o espiroplasma (enfezamento pálido), em milho, nos três capins utilizados em 2005 e acrescentou outras espécies de plantas, dentre os quais, milheto (*Pennisetum americanum*), capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) e as plantas daninhas capim gordura (*Melinis minutiflora*), capim camelote (*Rottboelia exaltata*), capim carrapicho (*Cenchrus echinatus*), beldroega (*Portulaca oleracea*), capim massaranduba (*Sorghum halepense*) e capim amargoso (*Digitaria insularis*). Foram avaliados a presença do patógeno nas plantas, a sobrevivência da cigarrinha e alterações bioquímicas nas plantas de milho causadas pelo espiroplasma. O fitoplasma foi inoculado apenas nos três capins, sendo avaliada a capacidade de transmissão do patógeno destas gramíneas para o milho. Neste trabalho, com exceção do milho, em nenhuma das espécies inoculadas foi identificado sintoma do enfezamento pálido e presença de espiroplasma. A presença de fitoplasma foi confirmada nos três capins inoculados, podendo ser fonte de inóculo para o enfezamento vermelho. Porém, apenas cigarrinhas alimentadas em capim colônio infectado transmitiram eficientemente o enfezamento vermelho para o milho nas condições experimentais. Segundo a autora, a transmissão do fitoplasma para os capins, tem valor epidemiológico para a doença, pois permite a sobrevivência do patógeno. A transmissão do fitoplasma adquirido pela cigarrinha nas gramíneas para o milho pode

ter outras proporções quando comparadas com condições experimentais. Ramos (2016) demonstrou que a infecção com o fitoplasma pode reduzir a sobrevivência do inseto, e que a relação e a infecção podem alterar as características biológicas do inseto.

Os resultados destes trabalhos reforçam a necessidade de aprofundar as pesquisas que esclareçam a existência de outros hospedeiros além do milho para a cigarrinha e mollicutes e seu papel na disseminação do inseto e patógenos.

Manejo dos enfezamentos

Segundo Sabato (2017) vários fatores influenciam a incidência de enfezamentos, dentre os quais a densidade populacional da cigarrinha, o nível de resistência da cultivar e o clima, com destaque para a temperatura. Variações na época de semeadura favorecem a coincidência de plantas em fase produtiva com plantas em fases iniciais de desenvolvimento, favorecendo a migração da cigarrinha, a ocorrência de vários ciclos do inseto e concentração de cigarrinhas em lavouras tardias e na safrinha. Esses efeitos podem se acentuar em regiões quentes onde se cultiva milho irrigado, que permite mais de uma safra ao ano. Esta sobreposição de cultivos de milho cria a chamada ponte-verde, que favorece a sobrevivência e migração da cigarrinha entre safras.

Outro fator que favorece a ponte verde em milho é o cultivo de plantas com genética resistente ao herbicida à base de glifosato (RR). Esta resistência permite que plantas de milho sobrevivam após a colheita. Tais plantas são chamadas de tigueras ou plantas voluntárias (Figuras 06 e 07). Assim, o sistema de sucessão entre as culturas, que consideramos diversificado, passa a trazer alguns entraves em seu manejo, entre eles, a cigarrinha e as doenças por ela transmitidas (enfezamentos e raiado fino). A resistência ao glifosato em milho permitiu a sobrevivência de tigueras que podem facilitar a sobrevivência e migração da cigarrinha entre safras. Talvez este fato tenha sido fator determinante para o aumento das populações da praga nas últimas safras.

A presença de tigueras de milho permite que a cigarrinha sobreviva entre as safras e infeste as lavouras próximas e em fase de desenvolvimento diferentes. As plantas de tigueras também são comumente encontradas com sintomas de enfezamentos de forma que sua manutenção nas lavouras serve de inóculo para os mollicutes e MRFV, criando-se um ciclo que favorece o aumento das doenças (Figura 08).

Estas questões são muito importantes para que o manejo seja realizado de forma a reduzir ao máximo os prejuízos causados pelas doenças em milho e devem ser pensadas dentro de um sistema de cultivo mais amplo onde a resistência genética, a escolha da época de plantio, o controle químico e a eliminação de plantas hospedeiras (tigueras de milho) sejam componentes.



FIGURA 6. Área de trigo com presença de milho tiguera (Foto: Alexandre Martins Abdão - Embrapa Milho e Sorgo).



FIGURA 7. Tiguera com presença de cigarrinhas (Foto: Dagma Dionísia da Silva - Embrapa Milho e Sorgo).



FIGURA 8. Planta tiguera de milho com sintomas de enfazamento vermelho (Foto: Dagma Dionísia da Silva - Embrapa Milho e Sorgo).

Resistência genética

A resistência genética é a estratégia mais indicada para os enfazamentos. Apesar de haver relatos de variabilidade genética entre cultivares e trabalhos sobre herança da resistência, ainda faltam informações para a grande maioria das cultivares disponíveis no mercado (Basso, 1999, Oliveira et al., 2002, Silva et al., 2003). Silveira et al. (2006) identificaram variação no nível de resistência de linhagens elite, dentre as quais muitas apresentaram resistência.

Sabato (2017) recomenda a diversificação de cultivares como forma de evitar a seleção de variantes dos patógenos e quebra de resistência. Esta medida também é importante, pois pode evitar grandes prejuízos causados pelo cultivo de híbridos suscetíveis em regiões com alta incidência de enfazamentos (Figuras 09, 10 e 11).

As avaliações para resistência genética de milho aos enfazamentos precisam ser baseadas em alguns fatores específicos da epidemia, como o inoculo natural proporcionado por cigarrinhas infectantes que migram de outras lavouras. O semeio deve ser preferencialmente na segunda safra ou na fase reprodutiva da safra de milho antecedente. É importante também incluir cultivar suscetível em parcelas intercaladas como indicadora e referência da doença (Oliveira et al., 2013, Sabato, 2017).

Pesquisas realizadas no estado do Tocantins, na safrinha 2017, em três municípios e trinta híbridos de milho, em área com alta incidência de enfazamentos, permitiram observar interação significativa entre local e híbridos. Foram considerados

também a época de semeadura, o clima, seu efeito na produtividade e peso médio de grãos por espiga. Observou-se variabilidade entre os híbridos quanto a resistência aos enfezamentos, aumento crescente dos enfezamentos e redução de produtividade com o atraso na semeadura (Costa et al., 2017, dados não publicados). Segundo os pesquisadores, os fatores isolados não explicam a relação de enfezamentos com a redução na produtividade pois existem outras variáveis que associadas aos enfezamentos, como o clima regional, podem favorecer esta redução.



FIGURA 9. Parcelas de híbridos de milho em fase vegetativa com diferença na reação ao enfezamento. (Foto: Dagma Dionísia da Silva - Embrapa Milho e Sorgo).



FIGURA 10. Espigas de milho de dois híbridos com incidência de enfezamento. O híbrido da esquerda apresentou incidência de enfezamento menor comparado ao híbrido da direita (Foto: Dagma Dionísia da Silva - Embrapa Milho e Sorgo).



FIGURA 11. Espigas amostardadas de um híbrido de milho. A espiga da esquerda foi amostarda de planta com enfezamento e da direita de uma planta normal (Foto: Simone Martins Mendes - Embrapa Milho e Sorgo).

Resultados semelhantes, quanto a variabilidade na reação de híbridos, foram observados em trabalho realizado na safrinha 2017, em Sete Lagoas, com onze híbridos comerciais de milho. A severidade dos enfezamentos variou de 2 a 6 segundo escala de notas utilizada por Silva (2003) onde: 1= ausência de sintomas, 2= plantas apresentando menos de 25% das folhas com sintomas, 3= plantas apresentando de 25 a 50% das folhas com sintomas, 4= plantas apresentando de 50 a 75% das folhas com sintomas, 5= plantas apresentando acima de 75% das folhas com sintomas e 6= plantas apresentando morte precoce), com efeitos severos na produtividade e incidência de podridão de colmo (Silva e Cota, dados não publicados).

Apesar de haver recomendações sobre os fatores que podem afetar as avaliações de resistência várias questões precisam ser respondidas para que a classificação de milho aos enfezamentos seja eficiente em recomendar os melhores cultivares. Pode se perceber em áreas com milho infestadas com cigarrinha e enfezamentos, que cultivares diferentes e que possuem valores de incidência (%) iguais de enfezamentos, respondem diferentemente à infecção, ou seja, apesar de apresentarem o mesmo valor de incidência, um cultivar se desenvolve melhor, com menor perda de produtividade enquanto outro é completamente comprometido em

desenvolvimento e produtividade. Assim, faz-se necessário avaliar outros fatores como se existe diferença entre os cultivares quanto a preferência de *D. maidis* e a quantidade de mollicutes nas plantas e sua relação com mecanismos de defesa e resistência das plantas.

Práticas culturais

Práticas culturais podem ser associadas ao sistema de manejo para reduzir os prejuízos causados pelos enfezamentos, como a semeadura em épocas que garantam o bom desenvolvimento das plantas em boas condições fitossanitárias, escapando de semeaduras tardias na safra, evitar semeaduras sucessivas de milho; muito comum em áreas de pivô, pousio por período de dois a três meses sem a presença de plantas de milho e alterar a época de semeadura (Oliveira & Fernandes, 2005).

A eliminação de plantas tigruera está entre as recomendações mais importantes a ser adotada em áreas com infestação de cigarrinha e enfezamento, pois são fonte de inoculo da cigarrinha, dos mollicutes e do vírus do raiado fino entre lavouras e safras de milho.

Práticas culturais podem ser associadas ao sistema de manejo para reduzir os prejuízos causados pelos enfezamentos, como a semeadura em épocas que garantam o bom desenvolvimento das plantas em boas condições fitossanitárias, escapando de semeaduras tardias na safra, evitar semeaduras sucessivas de milho; muito comum em áreas de pivô, pousio por período de dois a três meses sem a presença de plantas de milho e alterar a época de semeadura (Oliveira e Fernandes, 2005).

A eliminação de plantas tigruera está entre as recomendações mais importantes a ser adotada em áreas com infestação de cigarrinha e enfezamento, pois são fonte de inoculo da cigarrinha, dos mollicutes e do vírus do raiado fino entre lavouras e safras de milho.

Controle químico

Para os Mollicutes não existe controle químico até o momento. Assim, o controle químico se aplica à cigarrinha por meio de pulverizações com inseticidas.

O tratamento de sementes com inseticidas pode reduzir a população da cigarrinha nas fases iniciais de desenvolvimento do milho, sendo importante aplicar produtos registrados no MAPA (Sabato, 2017). Sabato (2017) ressalta que para que a cigarrinha morra pela ingestão de inseticida é necessário que se alimente de plântulas, podendo transmitir os mollicutes antes e que a eficácia do tratamento de sementes pode ser maior em locais sem a contínua entrada de cigarrinhas nas lavouras jovens. Porém, a associação do tratamento de sementes com aplicações foliares em seguida, podem aumentar a eficiência do controle da cigarrinha, quando comparado a seus efeitos individuais (Albuquerque et al., 2006).

Albuquerque et al. (2006) observaram que a aplicação de tiametoxam + lambdacialotrina oito dias após a emergência das plântulas pode ser utilizado complementarmente ao tratamento de sementes com tiametoxam, podendo controlar além da cigarrinha, o percevejo barriga verde, tripes e lagarta do cartucho.

Oliveira e Sabato (2017) apresentaram dados de trabalho realizado por Oliveira et al., (2007), onde o efeito do controle da cigarrinha na redução dos enfezamentos foi avaliado. Segundo os autores, poucos trabalhos foram realizados até o momento com este foco. O trabalho foi realizado em viveiro telado e condições de campo. No primeiro experimento, em viveiro telado, fez-se tratamento de sementes com tiametoxam e imidacloprido, plântulas a partir de dois e trinta dias após a emergência (DAE) foram infestadas semanalmente com cigarrinhas sadias e infectantes com fitoplasma e espiroplasma. Os autores avaliaram a mortalidade de cigarrinhas sadias e infectantes, incidência de plantas doentes, altura de plantas e produção de grãos. No segundo experimento, em campo, os dois inseticidas foram utilizados para tratamento de sementes associada a pulverizações aos dez e aos vinte dias após a emergência das plantas.

Como resultados, foi observada eficiência para o controle das cigarrinhas sadias e infectantes, acima de 70% até os 23 DAE no tratamento de sementes com tiametoxam e imidacloprid. Para os enfezamentos, apenas imidacloprido favoreceu a redução quando as plântulas foram expostas a cigarrinhas entre dois e nove DAE. A produção de grãos foi afetada quando as plantas foram expostas às cigarrinhas infectantes aos 9, 16 e 23 DAE, sendo menor quando expostas aos dois DAE ou aos 30 DAE, casos em que houve redução dos sintomas da doença. Em campo, os resultados não foram eficientes tanto no tratamento de sementes como em pulverizações, o que segundo os autores, pode ter sido ocorrido devido a migração de cigarrinhas de lavouras próximas.

Existem vinte produtos registrados no Agrofit/MAPA. Desses, quatro são para controle biológico à base de *Beauveria bassiana*, cinco com o ingrediente ativo tiametoxam (grupo químico neocotinóide), oito com o princípio ativo imidacloprido (grupo químico neonicotinóide), dois com o princípio ativo clotianidina (grupo químico neonicotinóide) e um, da mistura de lambda-cialotrina (piretróide) + tiametoxam (neonicotinóide) (Tabela 01). É interessante ressaltar que todos produtos com registro, exceto com ação biológica, são para tratamento de sementes. Assim estratégias de manejo do inseto precisam ser pesquisadas e validadas para que o produtor tenha acesso a recomendações dessa natureza. Para melhorar a eficiência dos produtos é necessário ler antes as recomendações dos fabricantes sobre doses, período e modo de aplicação, bem como indicações de segurança.

Controle biológico da cigarrinha *D. maidis*

Embora existam trabalhos em várias regiões do mundo avaliando o controle biológico da cigarrinha, a aplicação prática ainda é pouco utilizada (Toledo et al., 2007, Moya-Raygoza et al., 2012).

TABELA 1. Inseticidas registrados no MAPA para controle da cigarrinha *Dalbulus maidis*

Produto	Ingrediente Ativo (Grupo Químico)	Formulação	Classe Tox. Amb.	
Adage 350 FS	tiametoxam (neonicotinóide)	FS - Suspensão Concentrada p/ Trat. Sementes	IV	III
Adage 700 WS	tiametoxam (neonicotinóide)	DS - Pó para Tratamento a Seco de Sementes	III	III
Beauveria JCO	<i>Beauveria bassiana</i> (biológico)	WP - Pó Molhável	IV	IV
Bouveriz WP	<i>Beauveria bassiana</i> (biológico)	WP - Pó Molhável	IV	IV
Biocontrol				
Cruiser Opti	lambda-cialotrina (piretrróide) + tiametoxam (neonicotinóide)	FS - Suspensão Concentrada p/ Trat. Sementes	I	I
Cruiser 350 FS	tiametoxam (neonicotinóide)	FS - Suspensão Concentrada p/ Trat. Sementes	III	III
Cruiser 600 FS	tiametoxam (neonicotinóide)	FS - Suspensão Concentrada p/ Trat. Sementes	IV	III
Cruiser 700 WS	tiametoxam (neonicotinóide)	WS - Pó Dispersível p/ Trat. Sementes	III	III
ECOBASS	<i>Beauveria bassiana</i> (biológico)	WP - Pó Molhável	IV	IV
Gaúcho FS	imidacloprido (neonicotinóide)	FS - Suspensão Concentrada p/ Trat. Sementes	III	III
Granada	<i>Beauveria bassiana</i> (biológico)	WP - Pó Molhável	IV	IV
Imidacloprid Nortox	imidacloprido (neonicotinóide)	SC - Suspensão Concentrada	II	III
Imidacloprid 600 FS	imidacloprido (neonicotinóide)	FS - Suspensão Concentrada p/ Trat. Sementes	III	III
Inside FS	Clotianidina (neonicotinóide)	FS - Suspensão Concentrada p/ Trat. Sementes	III	III
Much 600 FS	imidacloprido (neonicotinóide)	FS - Suspensão Concentrada p/ Trat. Sementes	III	III
Picus	imidacloprido (neonicotinóide)	FS - Suspensão Concentrada p/ Trat. Sementes	III	III
Poncho	Clotianidina (neonicotinóide)	FS - Suspensão Concentrada p/ Trat. Sementes	III	III
Saluzi 600 FS	imidacloprido (neonicotinóide)	FS - Suspensão Concentrada p/ Trat. Sementes	III	III
Siber	imidacloprido (neonicotinóide)	FS - Suspensão Concentrada p/ Trat. Sementes	III	III
Sombrero	imidacloprido (neonicotinóide)	FS - Suspensão Concentrada p/ Trat. Sementes	III	III

Fonte: Agrofit/MAPA (2017).

Segundo Querino et al. (2017), na região Nordeste do Brasil foram iniciadas pesquisas para avaliar parasitoides da cigarrinha. Os inimigos naturais da cigarrinha podem ser divididos em parasitoides de ovos e os que parasitam ninfas e adultos. Os autores listam uma gama de inimigos naturais com potencial de uso no manejo integrado da cigarrinha pesquisados em nível mundial e apresentam pesquisas realizadas no Nordeste brasileiro indicando novos registros de parasitoides.

Duas pesquisas interessantes são apresentadas abaixo e mostram o potencial do controle biológico. No primeiro, Toledo et al. (2007) identificaram isolado de *B. bassiana* com potencial para o controle biológico de insetos sugadores, dentre as quais *D. maidis*. Os autores destacaram que *D. maidis* teve um comportamento de tentativa de limpeza de seu corpo esfregando o terceiro par de pernas em sua tégmina, que pode ser uma tentativa de defesa, que é pouco pesquisada para insetos. No segundo, Moya-Raygoza et al. (2006) relatam que o parasitoide *Gonatopus bartletti* além de matar a cigarrinha do milho também pode eliminar *S. kunkelli*, ajudando a evitar sua dispersão.

De fato, já formulados, existem quatro produtos à base de *Beauveria bassiana* estão registrados no AGROFIT/MAPA para controle da cigarrinha (Tabela 01), porém trabalhos que mostrem o efeito desses produtos são necessários para que o controle biológico possa entrar no manejo da cigarrinha. Nesse sentido, vale ressaltar a importância do controle biológico na redução das populações do inseto vetor, e no equilíbrio que essa interação pode gerar em áreas agrícolas, quando o manejo pode ser alcançado em mais de um ano de safra agrícola.

Conclusão

Muitos aspectos sobre os patógenos que causam enfezamentos e seu vetor ainda precisam ser esclarecidos para que o manejo seja cada vez mais eficiente. Nenhuma estratégia utilizada de forma isolada tem apresentado eficiência e, portanto, quanto mais diversificação do sistema produtivo, com inserção de culturas não hospedeiras da cigarrinha na entressafra do milho, o plantio de cultivares resistentes, a escolha da época de plantio, evitando os plantios tardios, principalmente de cultivares suscetíveis, a eliminação de plantas tigueras aliados ao controle químico preventivo são atualmente as recomendações para que os danos sejam reduzidos.

A busca por respostas consistentes de manejo é urgente, inclusive sobre o papel dos possíveis hospedeiros alternativos e na manutenção de populações se alimentando em campo e na disseminação do vetor e das doenças, bem como o uso do controle biológico, uma estratégia promissora quando se pensa no manejo do inseto sugador.

Referências Bibliográficas

Agrofit. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 25 ago. 2017.

Albuquerque FA, Borges LM, Iacono TO, Crubelati NCS, Singer AC (2006) Eficiência de inseticidas aplicados em tratamento de sementes e em pulverização, no controle de pragas iniciais do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 5(1):15-25.

Basso MC (1999) Síntese de compostos de milho (*Zea mays* L.) com resistência ao complexo de enfezamento. 122 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Firrao G, Andersen M, Bertaccini A, Boudon E, Bové JM, Daire X, Davis RE, Fletcher J, Garnier M, Gibb KS, Gundersen-Rindal DE, Harrison N, Hiruki C, Kirpatrick BC, Jones P, Kuske CR, Lee IM, Liefing L, Marcone C, Namba S, Schneider B, Sears BB, Seemüller E, Smart CD, Streten C, Wang K (2004) 'Candidatus Phytoplasma', a taxon for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insects. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, Reading, 54: 1243-1255.

Frizzas MR, Silveira Neto S (1998) Levantamento de insetos em plantas daninhas na entressafra das culturas da soja e do milho em Jaboticabal (SP). Piracicaba, [s.n.].

Haas, ICR (2010) Gramíneas forrageiras como potenciais hospedeiros alternativos para o fitoplasma e o espiroplasma, agentes do enfezamento do milho e alterações bioquímicas em plantas infectadas por espiroplasma. 73 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Haas, ICR (2005) Potenciais hospedeiros alternativos para o fitoplasma do enfezamento vermelho. 38 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Hammond R, Bedendo IP (2001) Role of *Maize rayado fino vírus* in the etiology of "Red Stunt" disease in Brazil. *Plant Disease*, 85(1):99.

Hogenhout SA, Oshima K, Ammar ELD, Kakiza WAS, Kingdom HN, Namba S (2008) Phytoplasmas: bacteria that manipulate plants and insects. *Mol. plant. pathol.*, 9: 403-423.

Larsen, KJ, Nault LR, Moya-Rayagosa G (1992) Overwintering biology by *Dalbulus maidis* leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae) adult population and drought hardness. *Environmental entomology*, 21(3):566-577.

Lee IM, Davis RE, Gundersen-Rindal, DE (2000) Phytoplasma: phytopathogenic mollicutes. *Annu. Rev. Microbiol.*, 54:221-255.

Massola Jr NS, Bedendo IP, Amorim L, Lopes JRS (1999) Quantificação de danos causados pelo enfezamento vermelho e enfezamento pálido do milho em condições de campo. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, 24(2):136-142.

Massola Jr NS (2001) Enfezamentos vermelho e pálido: Doenças em milho causadas por mollicutes Maize bush stunt and corn stunt: Diseases of corn caused by mollicutes. *Semina: Ci. Agrárias*, Londrina, 22(2):237-243.

Moya-Raygoza G, Albarracin EL, Virla EG (2012) Diversity of Egg Parasitoids Attacking

Dalbulus maidis (Hemiptera: Cicadellidae) Populations at Low and High Elevation Sites in Mexico and Argentina. *Florida Entomologist*, 95(1):105-112.

Moya-Raygoza G, Palomera-Avalos V, Chacón-Torres NM, Becerra-Chiron IM (2006) The parasitoid *Gonatopus bartletti* reduces presence of plant-pathogenic *Spiroplasma kunkelii* within the leafhopper vector *Dalbulus maidis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v.119, p.189–196. 2006.

Nault LR (1990) Evolution of insect pest: maize and leafhopper, a case study. *Maydica*, 35:165-175.

Nault LR (1980) Maize bushy stunt and com stunt: A comparison of disease symptoms, host range and vectors. *Phytopathol.*, 70:659-662.

Orlovskis Z, Canale MC, Haryono M, Lopes JRS, Kuo CH, Hogenhout SA (2017). A few sequence polymorphisms among isolates of Maize bushy stunt phytoplasma associate with organ proliferation symptoms of infected maize plants. *Ann. Bot.*, 119:869–884.

Oliveira CM, Querino RB (2017) Aspectos taxonômicos, biológicos e ecológicos da cigarrinha do milho *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). In: Oliveira, C. M.; Sabato, E.O. (EDs). *Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e viroses*. Brasília, DF: Embrapa., 141-154.

Oliveira CM, Querino RB, Frizzas MR (2017) Cigarrinhas na cultura do milho no Brasil. In: Oliveira CM, Sabato EO (EDs). *Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e viroses*. Brasília, DF: Embrapa, 70-140.

Oliveira CM, Lopes JR, Nault LR (2013) Survival strategies of *Dalbulus maidis* during maize off-season in Brazil. *Entomologia experimentalis et applicata*, 147(1):141-153.

Oliveira CM, Oliveira E, Canuto M, Cruz I (2007) Controle químico da cigarrinha-do-milho e incidência dos enfezamentos causados por mollicutes. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 42(3):297-303.

Oliveira E de, Fernandes FT, Pinto NFJdeA (2005) *Doenças do milho: Identificação e controle*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 84 p.

Oliveira CM, Molina RMS, Albres RS, Lopes JRS (2002) Disseminação de mollicutes do milho a longas distâncias por *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). *Fitopatologia Brasileira*, 27:91-95.

Oliveira CM, Sabato EO (2017) Controle químico da cigarrinha *Dalbulus maidis* efeito na incidência dos enfezamentos do milho. In: Oliveira, C.M.; Sabato, E.O. (EDs). *Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e viroses*. Brasília, DF: Embrapa, 113-120.

Querino BR, Meneses AR, Albarracin EL, Oliveira CM, Triapitsyn S (2017) Controle biológico de *Dalbulus maidis* no Brasil: uma visão geral. In: Oliveira CM, Sabato EO. (EDs). *Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e viroses*. Brasília, DF: Embrapa, 121-140.

Ramos A (2016) Efeito de maize bushy stunt phytoplasma na sobrevivência de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) sobre milho e plantas infestantes. Diss. Universidade de São Paulo.

Sabato EO (2017) Enfezamentos do milho. In: Oliveira CM, Sabato EO (EDs). *Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e viroses*. Brasília, DF: Embrapa, 11-24.

Sabato EO, Pinto NFJA, Fernandes FT (2013) *Identificação e controle de doenças do milho*. 2. Ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 145p.

Shurtleff MC (1986) Compendium of corn diseases. 2 ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 105p.

Silva RG, Galvão JC, Miranda GV, Oliveira E (2003) Controle genético da resistência aos enfezamentos do milho. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 38(8):921-928.

Silva AF, Karam D (2013) Tecnologia altera o manejo do milho. *Campo & Negócios*, Uberlândia, 11(125):22-23.

Silveira FT, Junqueira BG, Silva PC, Moro JR (2006) Comportamento de linhagens elites de milho para resistência aos enfezamentos. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 5(3):431-442.

Summers CG, Newton Jr AS, Opgenorth DC (2004) Overwintering of corn Leafhopper, *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae), and *Spiroplasma kunkelii* (Mycoplasmatales: Spiroplasmataceae) in California's San Joaquin Valley. *Environmental Entomology*, 33(6):1644-1651.

Toledo AV, Lenico AMMR, Lastra CCL (2007) Pathogenicity of fungal isolates (Ascomycota:Hypocreales) against *Peregrinus maidis*, *Delphacodes kuscheli* (Hemiptera: Delphacidae), and *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), vectors of corn diseases. *Mycopathologia*, 163:225–232.

Tsai JH (1988) Bionomics of *D. maidis* (DeLong & Wolcott), a vector of mollicutes and virus (Homoptera: Cicadellidae). 209-221. In: Maramorosch SP, Raychaudhuri SP, (ed.), *Mycoplasma diseases of crops: basic and applied aspects*, NewYork, Spring - Verlag, 456p.

Waquil JM (2004) Cigarrinha-do-milho: vetor de mollicutes e vírus. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 41).

Waquil JM (1997) Amostragem e Abundância de Cigarrinhas e Danos de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Homoptera: Cicadellidae) em Plântulas de Milho. *An. Soc. Entomol.*, 26(1):27-33.

Whitcomb RF, Chen TA, Williamson DL, Liao C, Tully JG, Clark TB, Bové JM, Mouches C, Rose DL, Coan ME (1986) *Spiroplasma kunkelii* sp. nov.: characterization of the etiological agent of corn stunt disease. *International Journal of Systematic Bacteriology*, Washington, 36(2):170-178.

Mofo branco em soja: cenário atual e manejo

Hercules D. Campos¹
Mauricio C. Meyer²
Lilianne M. Ribeiro³
Darwin Rui S. Fonseca⁴

Nas últimas safras tem-se observado produtividades elevadas de soja em muitas regiões produtoras, porém são resultados que, na maioria das vezes não se repetem em safras seguintes. Essa inconsistência de produtividade normalmente é atribuída à monocultura e ao uso de sementes de qualidade duvidosa que resultam no aumento da ocorrência e intensidade de doenças. Em função dos danos proporcionados, o mofo branco ou podridão branca da haste causada pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary vem se destacando nas principais regiões produtora nos estados de GO, MS, MG, BA, SP, PR, RS e MT.

O mofo branco teve seu primeiro relato no Brasil em 1921 no estado de São Paulo, atacando a cultura da batata (Chaves, 1964). Mas foi em 1976-1977, no estado do Paraná, o primeiro relato de ocorrência na cultura da soja (Homechin, 1982, Nasser et al., 1985). Em 1982-1983 o mofo branco foi detectado em soja no cerrado brasileiro, no Estado de Minas Gerais e, em 1985, no Distrito Federal (Nasser et al., 1999; Nasser e Spehar, 2001). Atualmente, a doença se manifesta em quase todas as regiões produtoras de soja do país. Em 2009, estimou-se a ocorrência da doença em aproximadamente 45% da área cultivada no estado de Goiás e em mais de 70% da área cultivada com soja no Oeste da Bahia (Campos et al., 2010). Nos demais

¹Eng. Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, Universidade de Rio Verde – UniRV,
e-mail: camposhd@brturbo.com.br

²Eng. Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, Embrapa Soja,
e-mail: mauricio.meyr@embrapa.br

³Eng^a. Agrônoma, Pós- Doutoranda, Universidade de Rio Verde – UniRV,
e-mail: lilianne.mr@hotmail.com

⁴Eng. Agrônomo, Mestrando, Universidade de Rio Verde – UniRV / Sumitomo Chemical,
e-mail: dfonseca@sumitomo-chem.com.br

estados, o percentual de áreas infestadas é crescente. O mofo branco causa danos significativos em lavouras de soja situadas em altitudes superiores a 600 metros, nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso (Primavera do Leste, Campo Verde, Serra da Petrovina entre outras).

Estima-se que cerca de 23% da área de produção de soja no Brasil esteja infestada pelo patógeno, correspondendo aproximadamente 7,7 milhões de hectares (Meyer et al., 2017a, Meyer et al., 2017b), e os danos causados podem chegar a 70% em algumas regiões (Meyer et al., 2016).

O fungo *S. sclerotiorum* tem uma gama de hospedeiros que abrange mais de 400 espécies de plantas em todo o mundo (Boland e Hall, 1994, Saharan e Mehta, 2008). Entre essas espécies destacam-se: soja, feijão, ervilha, alface, girassol, canola, algodão, tomate, cenoura, guandu, nabo forrageiro, alfafa, estilosantes, amendoim, níger, mucuna, crotalária, batata, tremoço, fumo e várias plantas daninhas. Além disso, o fungo pode sobreviver no solo através de seus escleródios, estrutura de resistência que produzem os apotécios, resultado da germinação carpogênica (sexuada). Segundo Steadman (1983) um apotécio pode produzir até dois milhões de ascósporos (esporos) que, após serem ejetados, são facilmente levados pelo vento a curtas distâncias.

A pesar dos elevados danos ocasionados pelo mofo branco à cultura da soja, medidas de controle utilizadas de forma integrada podem ser adotadas pelos produtores objetivando minimizar essas perdas. Dentre essas medidas de controle destacam-se: semeadura de sementes livre do patógeno e tratadas com fungicidas, limpeza de implementos agrícolas, rotação de culturas com gramíneas associado a formação de palhada, uso de cultivares com arquitetura menos propícia a evolução da doença, espaçamento entre linhas e população adequadas ao cultivar, controle biológico e controle químico na parte aérea.

Sementes livres do patógeno – utilizar sementes de soja de origem idônea e tratada com fungicidas eficazes, é a garantia de se evitar a introdução do patógeno na área, uma vez que esta representa uma das principais formas de disseminação. Entretanto, a utilização de sementes salvas (sementes produzidas pelo agricultor) ou de procedência duvidosa, aumenta o risco da disseminação do patógeno.

S. sclerotiorum pode ser disseminado pelas sementes de soja de duas formas: a primeira pelos escleródios misturados às sementes; a segunda é através de micélio dormiente externamente ou dentro da semente. Conforme Henning (2004), os escleródios juntos às sementes são eliminados através de um bom beneficiamento das mesmas, utilizando a pré-limpeza (máquinas de ar e peneira), seguido de separador espiral (imprescindível para remover os esclerócios) e finalmente pela mesa de gravidade ou densimétrica (acabamento). Já as sementes infectadas, apenas uma análise específica de patologia poderá detectar a presença do patógeno. Os percentuais de sementes infectadas e detectadas em um lote de sementes têm sido relativamente “baixos”, normalmente inferiores a 2%, entretanto a transmissibilidade

pode ser altamente eficiente o que corrobora para a explicação da elevada ocorrência da doença nas diferentes regiões produtoras de soja no País. Se considerarmos um lote com 0,25% de sementes infectadas, teremos uma semente infectada a cada 400 sementes. No campo, isso representa, em uma população de 300 mil sementes por hectare, 750 sementes infectadas pelo patógeno, ou seja, de focos da doença em um único hectare. Assim, na safra seguinte, se houver condições favoráveis para germinação carpogênica dos escleródios que permanecerão no solo, poderão ocorrer perdas significativas de produção.

É cogitado entre alguns pesquisadores e técnicos que a tolerância seja zero para o patógeno em testes de sanidade visando a certificação de sementes. Porém, se considerarmos o percentual de áreas infestadas no Brasil, nas condições atuais, esse nível de tolerância poderia inviabilizar a produção de sementes nas principais regiões produtoras. Em contrapartida, a tolerância zero para escleródios junto às sementes, como de fato já é preconizado pelo MAPA, é extremamente coerente, uma vez que é possível elimina-los durante o beneficiamento.

Limpeza de implementos agrícolas – outra forma importante de disseminação do fungo é através de escleródios que podem ser levados por máquinas e implementos agrícolas infestados. Portanto, quando o agricultor utilizar seus maquinários e implementos em áreas onde há histórico da doença, é importante que se realize uma limpeza dos mesmos antes de iniciar suas atividades em talhões ou áreas onde não foi observada. Essa limpeza poderá ser feita, de forma eficiente, utilizando apenas água ou ar sob pressão e ferramentas pontiagudas ou mesmo pedaços de arame para remoção de escleródios em frestas e canaletas. Tal medida é ainda mais importante quando se utiliza implementos terceirizados, comuns em pequenas e médias propriedades.

Rotação de culturas associada à formação de palhada – No caso específico do mofo branco, a maioria das culturas anuais (feijão, girassol, algodão, tomate, crotalária, canola, amendoim e nabo forrageiro) cultivadas no cerrado brasileiro são hospedeiras potenciais de *S. sclerotiorum*, assim a rotação de culturas deve ser essencialmente com gramíneas, as quais não são hospedeiras do fungo. O agricultor deve dar preferência para aquelas gramíneas que produzem maior quantidade de palha, e que permaneçam por maior tempo sobre o solo, como exemplo: braquiárias, milheto, trigo, etc.

O cultivo consorciado de milho (verão ou safrinha) e braquiárias. Tem se destacado em programas de rotação, uma vez que formam ampla palha sobre o solo e ainda apresenta retorno econômico para o agricultor. A palha oriunda do plantio direto, diferentemente do que havia se pensando em um passado recente, tem contribuído sobremaneira no controle da doença. Além de aumentar a matéria orgânica do solo, permitindo a proliferação e manutenção de microrganismos antagonistas (importantíssimos no parasitismo e inviabilização de escleródios presentes no solo), a palha também funciona como uma barreira física obstruindo

a emergência dos apotécios e a liberação dos ascósporos (esporos). Quanto mais densa e uniforme for a palha sobre o solo, maior o impedimento físico imposto à disseminação e proliferação do patógeno.

Nas regiões Sudoeste e Leste de Goiás, produtores tem obtido ampla formação de palha com a integração lavoura-pecuária, otimizando um manejo sustentável do mofo branco na cultura da soja em área com alta pressão de inóculo.

Uso de cultivares com arquitetura menos propícia a doença – para áreas infestadas é recomendável optar por cultivares que apresentam menor porte, folhas eretas, com período de floração concentrado e que não retenham restos florais nas vagens no início de formação. Plantas de porte baixo com folhas menores e eretas são menos favoráveis à ocorrência da doença, ou seja, não proporcionam um microclima favorável à infecção e ao desenvolvimento do patógeno. Quanto às cultivares com período de floração concentrado, sabe-se que os ascósporos (esporos sexuais) de *S. sclerotiorum*, ao germinarem, encontram dificuldades em infectar diretamente os tecidos da haste e das folhas da planta de soja, necessitando da flor, de preferência pétalas em senescência, para iniciar a infecção na planta. Assim as cultivares com floração concentrada propiciam menor período para que ocorram as infecções, ou seja, “escape”.

Adequação do espaçamento e população de plantas – O espaçamento inferior a 50 cm, dependendo do cultivar, normalmente acarreta o fechamento das entrelinhas mais rápido, assim proporcionando condições microclimáticas favoráveis à germinação dos escleródios que se encontram no solo, dessa forma, aumentando as chances da doença se iniciar quando as plantas emitirem as primeiras flores, que normalmente ocorrem nas ramificações mais baixas. Também, não adianta aumentar espaçamento entrelinha e manter alta população de plantas ou utilizar cultivares que compensam o maior espaçamento com o seu desenvolvimento. Em algumas áreas no oeste baiano, em função de logística no período de plantio, tem sido comum a utilização de semeadoras reguladas com o mesmo espaçamento para a cultura do algodão, assim a soja tem sido semeada com até 76 cm de espaçamento entrelinhas e, para manter a mesma população de plantas recomendada, aumentam a densidade de sementes na linha. Esse procedimento tem mantido altas incidências do mofo branco nas lavouras e perdas consideráveis nesta região.

Deve-se utilizar espaçamento e população de plantas de forma conjunta, adequando-se em conformidade com cada região e cultivar utilizada. Sabe-se que maiores populações de plantas por hectare favorecem a incidência e a severidade do mofo branco. Experimentos conduzidos pela Universidade de Rio Verde, em área infestada por *S. sclerotiorum* no município de Montividiu – GO, evidenciaram que a utilização de um estande com 20 plantas por metro proporcionou 10,27% e 8,45% a mais de incidência e danos, respectivamente, quando comparado com um estande de 12 plantas.

Controle biológico – entende-se como controle biológico a utilização de um organismo vivo para o controle de outro organismo, podendo ocorrer a partir de diferentes processos (antibiose, competição, parasitismo, etc.). No caso do mofo branco, espécies de fungos e bactérias têm sido citados como eficazes no biocontrole. Os gêneros de fungos mais comuns são *Trichoderma*, *Coniothyrium* e *Gliocladium* (Bettiol et al., 2008; Ethur et al., 2014). Entretanto, as espécies *Trichoderma harzianum* e *T. asperellum* tem sido as mais empregadas para o controle biológico de *S. sclerotiorum* em soja (Meyer et al., 2016). Contudo, ainda são restritos os produtos registrados junto ao M.A.P.A. - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Tabela 1), o que torna limitado as opções de controle da doença em soja. Embora existam vários produtos comerciais formulados com *Trichoderma* no mercado, muitos deles não apresentam padrão de qualidade, podendo assim não proporcionar o resultado esperado.

Quanto às bactérias, espécies do gênero *Bacillus*, têm recebido grande atenção (Hu et al., 2014; Meyer et al., 2016), principalmente as espécies *B. amyloliquefacies* e *B. subtilis* que apresentaram resultados significativos na inibição de hifas de *S. sclerotiorum* (Zhang, 2004; Bettiol et al., 2012). As características destes microrganismos de crescerem em uma ampla faixa de temperatura, colonizarem diversos ambientes, utilizarem diversos compostos como fonte de energia, capacidade de competição, produção de estruturas de resistência (endósporos), além da capacidade de produzirem diversos compostos com atividade antimicrobiana justificam a versatilidade e a procura de isolados de *Bacillus* como agentes de controle biológico (Santoyo et al., 2012; Madigan et al., 2016). As bactérias BB-1 (*Bacillus alcalophilus*) e BB-4 (*B. cereus* GC subgrupo B) também tem mostrado eficiência na redução da severidade do mofo branco, quando pulverizadas na parte aérea de plantas de soja (Shiomil et al., 2017).

Outros fatores importantes estão relacionados com o modo e o momento de aplicação do antagonista (via sementes, aplicação via sulco após o plantio ou em parte aérea), bem como da própria viabilidade do fungo na formulação do produto comercial. Comumente tem se verificado relatos de sucessos e insucessos pelo uso de *Trichoderma* em lavouras nas regiões de Goiás, Minas Gerais e Bahia.

Além disso, por se tratar de um microorganismo vivo, o *Trichoderma* spp. ao ser aplicado em uma área comercial de sequeiro, é necessário que o mesmo se estabeleça e encontre condições para sobreviver e controlar o agente patogênico, o que nem sempre ocorre no primeiro ano de sua utilização, necessitando assim de mais tempo para o seu estabelecimento. Em complemento, a presença de cobertura de solo com palha é extremamente importante para proporcionar um ambiente adequado ao estabelecimento e sobrevivência do antagonista.

O modo de aplicação do antagonista, via semente ou pulverizado na parte aérea, também tem sido outro grande obstáculo para o sucesso do controle biológico de *S. sclerotiorum*. Os fungicidas utilizados em tratamento de sementes podem controlar até 100% do *Trichoderma* spp., impedindo que tais práticas sejam realizadas

concomitantemente. Da mesma forma, as aplicações dos agentes de biocontrole não devem coincidir com as aplicações de fungicidas na parte aérea da planta.

TABELA 1. Principais produtos comerciais, a base de agentes de biocontrole de *Sclerotinia sclerotiorum*, registrado no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA.

Produto	Ingrediente ativo	Empresa	Formulação.
Ecotrich WP	<i>Trichoderma harzianum</i>	Ballagro.	WP
Predatox	<i>Trichoderma harzianum</i>	Ballagro	SC
Quality	<i>Trichoderma asperellum</i>	Farroupilha	WG
Trichodermax EC	<i>Trichoderma asperellum</i>	Novozymes BioAg	EC
Trichodermil SC 1306	<i>Trichoderma harzianum</i>	Koppert	SC

Fonte: Sistema Agrofit

Controle químico – Ensaios realizados pela Universidade de Rio Verde desde a safra 2004/2005, bem como ensaios cooperativos realizados por diferentes instituições (GO, PR, MG, SP, MS e MT) desde a safra 2008/2009, têm evidenciado a eficácia de diversos grupos de fungicidas, tanto em aplicações de parte aérea como no tratamento de sementes. Até o momento, fungicidas a base de tiofanato metílico; fluazinam; procimidona; boscalida + dismosxistrobina; carbendazim, iprodiona e ciprodinil encontram-se registrados no MAPA para o controle de *S. sclerotiorum* em soja, aplicados via parte aérea e/ou tratamento de sementes (Tabela 2).

TABELA 2. Principais fungicidas (produtos químicos) para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum*, registrado no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA.

Produto	Ingrediente ativo	Empresa	Form.
<u>Agata</u>	<u>fluazinam (fenilpiridinilamina)</u>	<u>ISK</u>	<u>SC</u>
<u>Altima</u>	<u>fluazinam (fenilpiridinilamina)</u>	<u>ISK</u>	<u>SC</u>
<u>Approve</u>	<u>fluazinam (fenilpiridinilamina) + tiofanato-metílico (benzimidazol precursor de))</u>	<u>Iharabras</u>	<u>WG</u>
<u>Carbendazim Nortox</u>	<u>carbendazim (benzimidazol)</u>	<u>Nortox</u>	<u>SC</u>
<u>Cercobin 500 SC</u>	<u>tiofanato-metílico (benzimidazol precursor de))</u>	<u>Iharabras</u>	<u>SC</u>
<u>Certeza</u>	<u>fluazinam (fenilpiridinilamina) tiofanato-metílico (benzimidazol precursor de))</u>	<u>Iharabras</u>	<u>FS</u>
<u>Cignus</u>	<u>fluazinam (fenilpiridinilamina)</u>	<u>ISK</u>	<u>SC</u>
<u>Curado</u>	<u>fluazinam (fenilpiridinilamina)</u>	<u>Nufarm</u>	<u>SC</u>
<u>Derox</u>	<u>carbendazim (benzimidazol)</u>	<u>Nortox</u>	<u>SC</u>
<u>Fegatex</u>	<u>cloreto de benzalcônio (amônio quaternário)</u>	<u>PRTrade</u>	<u>SL</u>
<u>Firmeza</u>	<u>fluazinam (fenilpiridinilamina) + tiofanato-metílico (benzimidazol precursor de))</u>	<u>Iharabras</u>	<u>FS</u>
<u>Frowncide 500 SC</u>	<u>fluazinam (fenilpiridinilamina)</u>	<u>ISK</u>	<u>SC</u>
<u>Gravun</u>	<u>ciprodinil (anilinopirimidina)</u>	<u>AgroBio</u>	<u>WG</u>
<u>Legacy</u>	<u>fluazinam (fenilpiridinilamina)</u>	<u>ISK</u>	<u>SC</u>
<u>Maxim Advanced</u>	<u>fludioxonil (fenilpirrol) + metalaxil-M (acilalaninato) + tiabendazol (benzimidazol precursor de))</u>	<u>Syngenta</u>	<u>FS</u>
<u>Oranis</u>	<u>picoxistrobina (estrobilurina)</u>	<u>Du Pont</u>	<u>SC</u>
<u>Pilartime</u>	<u>tiofanato-metílico (benzimidazol precursor de))</u>	<u>Pilarquim Br</u>	<u>SC</u>
<u>Rovral SC</u>	<u>iprodiona (dicarboximida)</u>	<u>FMC</u>	<u>SC</u>
<u>Sialex 500</u>	<u>procimidona (dicarboximida)</u>	<u>Sumitomo</u>	<u>WP</u>
<u>Spot SC</u>	<u>boscalida (anilida) + dimoxistrobina (estrobilurina)</u>	<u>Basf</u>	<u>SC</u>
<u>Sumiguard 500 WP</u>	<u>procimidona (dicarboximida)</u>	<u>Sumitomo</u>	<u>WP</u>
<u>Sumilex 500 WP</u>	<u>procimidona (dicarboximida)</u>	<u>Sumitomo</u>	<u>WP</u>
<u>Unix 750 WG</u>	<u>ciprodinil (anilinopirimidina)</u>	<u>Syngenta</u>	<u>WG</u>
<u>Signal</u>	<u>fluazinam (fenilpiridinilamina)</u>	<u>FMC</u>	<u>SC</u>

Fonte: Sistema Agrofit

A eficácia do controle químico, além do princípio ativo utilizado, depende também do número de aplicações, do momento da aplicação e da tecnologia utilizada. De acordo com os resultados dos ensaios cooperativos de controle químico de mofo branco (Meyer et al., 2017a), melhor controle da doença tem sido verificado com os fungicidas a base de fluazinam, boscalida + dimoxistrobina e procimidona, caracterizados como fungicidas específicos para o controle de *S. sclerotiorum* em soja. Em função dos resultados dos ensaios cooperativos, acumulados ao longo de nove anos de execução, verificou-se níveis de eficiência média de controle desses fungicidas variando entre 62% e 72% (Meyer et al., 2017b) (Tabela 3).

Outros princípios ativos, também caracterizados como específicos, tem apresentados alta eficácia no controle da doença, contudo se encontram em processo de registro junto ao MAPA. O fungicida tiofanato metílico (grupo químico thiophanates, conforme reclassificação do FRAC), carbendazim (benzimidazol) e ciprodinil (anilinopirimidina), apresentam eficácia no controle da doença em níveis inferiores quando comparados àqueles citados anteriormente. Por outro lado, são produtos que podem auxiliar no controle de outras doenças.

TABELA 3. Incidência, controle relativo, produtividade da soja (Produtiv.), redução de produtividade (Red. Produtiv.), massa de escleródios produzidos e redução da produção de escleródios (Red. M.Escler.) em função dos tratamentos fungicidas dos ensaios cooperativos de controle de mofo branco em soja, médias de nove anos (2009 a 2017) Fonte: Meyer et al. (2017b).

Tratamentos	Dose (Kg ou L i.a. ha ⁻¹)	Incidência ¹ (%)	Controle ² (%)	Produtiv. (kg ha ⁻¹)	Red. Produtiv. ³ (%)	Massa Escleródio (g ha ⁻¹)	Red. M.Escler. ⁴ (%)
testemunha	-	34,4 a	0	2887 d	18,4	3055 a	0
tiofanato metílico (4X)	0,5	19,0 b	45	3218 c	9,0	1619 b	47
procimidona (2X)	0,5	13,0 c	62	3381 b	4,4	771 c	75
fluzinam (2X)	0,5	10,9 d	68	3514 a	0,6	945 c	69
fluopyram (2X) *	0,2	9,8 d	72	3461 a	2,1	758 c	75
boscalida + dimox. (2X)	0,4	9,5 d	72	3536 a	0,0	741 c	76
CV (%)		16,8		3,0		40,8	

¹Incidência de mofo branco em R5.5. ²Porcentagem de controle da doença em relação à testemunha, considerando-se a incidência em R5.5.

³Porcentagem de redução de produtividade da soja em relação ao tratamento de maior rendimento. ⁴Porcentagem de redução da produção de escleródios. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *Produto em fase de registro no MAPA.

Trabalhos desenvolvidos pela Universidade de Rio Verde desde na safra 2003/2004, já demonstraram que o controle químico é eficaz quando aplicado preventivamente e a partir do início florescimento das plantas. Contudo, o número de aplicações também é importante e depende do período de florescimento da cultivar (Campos et al., 2005; Campos et al., 2008). Não foi observado efeito significativo no controle da doença com aplicações de fungicidas realizadas após a formação das vagens e início do enchimento dos grãos, estádios esses, sem vestígios algum de restos florais, portanto, nestas condições, não se tem recomendado aplicações de fungicidas visando especificamente o controle do mofo branco em soja.

É importante reforçar o fato de não existir um manejo caracterizado como “receita de bolo”, pois mesmo para o sucesso do controle químico há necessidade de se considerar as características da cultivar, clima, presença ou histórico do patógeno na área (apoteícios), entre outros fatores. Sendo assim, deve se evidenciar que a integração de estratégias de controle (manejo integrado), planejada por um engenheiro agrônomo, ainda é a melhor estratégia para a convivência com o mofo branco na cultura da soja.

Referências Bibliográficas

Bettiol W, GHINI R, MORANDI MAB, STADNIK MJ, KRAUSS U, STEFANOVA M, PRADO AMC (2008) Controle Biológico de Doenças de Plantas na América latina. In: ALVES SB, LOPES RB (Org.). Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios. Piracicaba-SP: FEALQ. p.303-327.

Bettiol W, Morandi MAB, Pinto ZV, Paula Júnior TJ, Corrêa EB, Moura AB, Lucan CMM, Costa JCB, Bezerra JI (2012) Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas. Jaguariúna, SP. Embrapa Meio Ambiente. 155p. (Documento - Embrapa Meio Ambiente, 88).

Boland GJ, Hall R (1994) Index of plant host of *Sclerotinia sclerotiorum*. Canadian Journal of Plant Pathology, v.16, p.91-108.

Campos HD, Silva LHCP, Silva JRC (2005) Manejo das principais doenças fúngicas da soja. Atualidades Agrícolas, BASF: p.20-28.

Campos HD, Silva LHCP, Silva JRC, Galvão JCB (2008) Programa de aplicação dos fungicidas tiofanato metílico e fluazinam no controle do mofo branco em soja. Tropical Plant Pathology (33): p.172.

Campos HD, Silva LHP, Meyer MC, Silva JRC, Nunes Júnior J (2010) Mofo branco na cultura da soja e os desafios da pesquisa no Brasil. XLIII Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2010, Cuiabá. Tropical Plant Pathology, v.35, p.100-101.

Chaves GM (1964) Estudos sobre *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Experientiae, Viçosa, v.4, n.2.

Ethur LZ, Copatti AS, Fipke GM, Calvano CCA, Pazini JB (2014) Micobiota parasitária de

escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* isolada de solos da fronteira oeste do Rio Grande do Sul. Arq. Inst. Biol., v.81, n.1, p.62-67.

Henning AA (2004) Patologia e tratamentos de sementes: noções gerais. Londrina: Embrapa Soja. 51p. (Documentos / Embrapa Soja, 235).

Homechin M (1982) Situação atual da ocorrência de podridão de *Sclerotinia* causada por *Sclerotinia sclerotiorum*. Fitopatologia Brasileira, v.7, p.476.

Hu X, Roberts D, Xi L, Maul JE, Yu C, Li Y, Jiang M, Liao X, Che Z (2014) Formulations of *Bacillus subtilis* BY-2 suppress *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape in the field. Biological Control, v.70, p.54-64. (Published by Elsevier Inc.).

Madigan M, John M, Kelly B, Daniel B, David S (2016) Microbiologia de Brock, 14° ed.. Porto Alegre: Artmed, 960 p.

Meyer MC, Campos HD, Godoy CV, Utiamada CM, Pimenta CB, Jaccoud Filho DS, Borges EP, Juliatti FC, Nunes Junior J, Carneiro LC, Silva LHCP, Sato LN, Madalosso M, Goussain M, Martins MC, Debortoli MP, Balardin RS, Venancio WS (2016) Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2015/2016: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja. 5 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 122).

Meyer MC, Campos HD, Godoy CV, Utiamada CM, Pimenta CB, Jaccoud Filho DS, Borges EP, Juliatti FC, Nunes Junior J, Carneiro LC, Silva LHCP, Sato LN, Goussain M, Martins MC, Tormen NR, Balardin RS, Venancio WS (2017a) Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2016/2017: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja. 6 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 133).

Meyer MC, Godoy CV, Campos HD, Utiamada CM, Borges EP, Nunes Junior J, Juliatti FC, Jaccoud Filho DS, Carneiro LC, Silva LHCP, Goussain M, Martins MC, Debortoli MP, Venancio WS (2017b) Controle químico de mofo-branco em soja. Revista Cultivar: Grandes Culturas. Setembro.

Nasser LCB (1985) Evidências de rápida disseminação da podridão branca das hastes (*Sclerotinia sclerotiorum*) em regiões produtoras de sementes de soja nos cerrados do Brasil central. Fitopatologia Brasileira, v.10, p.245.

Nasser LCB, Napoleão R, Carvajal RA (1999) Mofo branco: cuidado com a semente. Revista Cultivar: Grandes Culturas. maio, p. 1-2 .

Nasser LCB, Spehar CR (2001) Podridão branca. Revista Cultivar: Grandes Culturas. n.31, p. 1-2.

Santoyo G, Orozco-Mosqueda MD, Govindappa M (2012) Mechanisms of biocontrol and plant growth-promoting activity in soil bacterial species of *Bacillus* and *Pseudomonas*: a review. Biocontrol Sci Technol. 22, 855-872.

Saharan GS, Mehta N (2008) *Sclerotinia* diseases of crop plants: biology, ecology and disease management. India: Springer.

Shiomil HF, Ferreira MVR, Melo IS (2017) Bioprospecção de isolados bacterianos para o controle biológico do mofo branco na soja. Scientific Electronic Archives, Sinop/MT, v. 10, abril.

Steadman JR (1983) White mold: a serious yield limiting disease of bean. Plant Disease, Saint Paul, v.67, n.4, p.346-350.

Zhang Y (2014) Biocontrol of *Sclerotinia sclerotiorum* stem rot of canola by bacterial antagonists and study of biocontrol mechanisms involved. Thesis (Master of Science), Department of Plant Science, University of Manitoba, Canada.

Sistemas de produção voltados para certificação UTZ de café

Eduardo Sampaio¹

Marcela de Freitas Silva²

Vanessa Alves Gomes²

Fabíola de Jesus Silva²

Thácio Bruno Reis Couto²

O Brasil é considerado o maior produtor de café do mundo, de acordo com o levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), cerca de 51,37 milhões de sacas foram produzidas em uma área de 2,22 milhões de hectares em 2016, somando o café arábica e conilon, o que representou um recorde de produção.

Um dos fatores para a elevada produção de café do país é a grande extensão territorial, que abrange regiões produtoras com diferentes temperaturas, relevo, altitude e solo, representando uma grande diversidade no sistema de cultivo, que interfere na qualidade dos grãos. Consequentemente, essa variação de cultivo possibilita atender diferentes demandas de comercialização, podendo produzir cafés diferenciados para um mercado mais exigente e seletivo (GUIMARÃES et al., 2015).

Assim, para endossar que a produção sustentável de café, que é aquela em que há o equilíbrio nos aspectos da produção, processamento e comercial, baseado nos aspectos da manutenção da água no sistema e manejo do solo, garanta mais qualidade no café produzido de forma ampla, surgiram os sistemas de certificação de cafés sustentáveis, em âmbito mundial, onde o Brasil se destaca como o maior produtor e fornecedor de café certificado (UTZ CERTIFIED, 2015). Esta certificação consiste em uma produção com segurança para toda a cadeia produtiva, fornecendo um café responsável, que tem sido uma das exigências do mercado interno e principalmente do mercado externo. Desta forma, o produto certificado recebe um atestado após inspeção da propriedade e verificação da adoção das medidas requeridas no âmbito econômico, ambiental e social (FERRARI, 2002).

¹Representante no Brasil UTZ Certified

²Universidade Federal de Lavras

O rendimento é um ponto fundamental no processo da certificação. Sob o aspecto econômico, a certificação eleva os ganhos dos produtores, seja pelo aumento na produtividade da lavoura, pela utilização racional de insumos agrícolas e mão de obra, ou pelo maior valor agregado do produto pago pelo mercado. Os ganhos sociais são nítidos, e a correta utilização e manipulação dos insumos utilizados nas etapas de produção reduzem os riscos à saúde, tanto para os produtores e sua família, quanto para o trabalhador. Isso reflete diretamente no meio ambiente, deixando-o mais sustentável para as próximas gerações. Ainda neste contexto, outro benefício é o melhor acesso do café aos compradores e o desenvolvimento de relações comerciais mais estáveis. Desta forma, a relação custo benefício pode ser interpretada como positiva para o produtor, trabalhador, consumidor e meio ambiente (PEREIRA, 2007).

Tipos de certificação

Existem diversos programas de certificação de cafês, sendo cada um deles voltado especificamente para atender o tipo de sistema de produção, e/ou para os perfis dos consumidores de todo mundo. Os principais programas são: Certificação Orgânica, *FairTrade*, *UtzCertified*, *Rainforest Alliance*, Certifica Minas Café, Associação 4C, Nespresso AAA e Starbucks C.A.F.E. Practices (Figura 1). Todos estes programas estão enquadrados dentro de uma das quatro categorias que englobam a certificação de café, que são as ligadas à região de origem, cafês *gourmet* (especiais) e orgânicos e, por último as que levam em consideração questões sociais e ambientais além da gestão avançada das propriedades.



FIGURA 1. Logotipo dos principais programas de certificação de café no Brasil.

Cafés gourmets remetem a grãos de café arábica de alta qualidade, sendo um café diferenciado e livre de defeitos. Na década de 70, quando iniciou a produção de cafés especiais e surgiu a rede Starbucks, o mercado consumidor era pequeno e não possuía muitas informações das diferenças entre os produtos existentes no mercado (SILVA & GUIMARÃES, 2012). A Starbucks atualmente é considerada uma das maiores redes norte-americanas de distribuição de café, que foi crescendo a partir das pequenas propriedades cafeicultoras. (SOUZA & SAES, 2000).

Há também as certificações socioambientais/gestão com rastreabilidade, que se preocupam com o meio ambiente e visam uma agricultura sustentável com melhor qualidade de vida para o fazendeiro, trabalhador e sua família, sempre protegendo os recursos naturais para que estejam disponíveis no futuro. Diante disso, a UTZ é uma fundação que aborda medidas socioambientais para o café, onde cafeicultores aumentam a produtividade e qualidade do produto, melhorando o padrão de vida dos funcionários e levando até o consumidor a marca que ele deseja, sempre contribuindo para um mundo sustentável (UTZ, 2015). Visões de certificação socioambiental será o objeto de estudo abordado neste capítulo.

Pressupostos para certificação

O cafeicultor que deseja produzir café certificado precisa primeiramente realizar um registro no programa de certificação desejado. Dessa forma, ele irá passar por auditorias para verificar se sua produção está dentro dos códigos de conduta. Assim é feita uma rastreabilidade de todo o processo de produção, desde a escolha da área até a pós-colheita, atentando também para as questões de preservação do meio ambiente e qualidade de vida do trabalhador rural (UTZ Certified, 2017).

O código de conduta UTZ foi desenvolvido com base nas convenções da Organização Internacional do Trabalho (OIT) e convenções da ONU, além dos princípios racionais de gestão, contendo análises de risco e dos pontos críticos de controle. Dessa forma ele é reconhecido internacionalmente, o que garante ao consumidor que sua origem de produção é sustentável. Este código possui pontos de controle, que são requisitos para obtenção da certificação, sendo esses divididos em quatro blocos que representam os quatro pilares da agricultura sustentável: gestão, práticas agrícolas, condições de trabalho e ambiente.

Gestão

Para que o produtor obtenha o selo de certificação deve seguir alguns princípios básicos de gestão estabelecidos pela empresa certificadora, no caso a UTZ. Tais princípios regem que as propriedades sejam economicamente viáveis e resilientes, as explorações agrícolas sejam rentáveis a longo prazo, as propriedades

rurais atinjam a máxima produtividade econômica e que os produtores implementem uma gestão de riscos.

Dentre os pontos que o produtor deve seguir para atingir os objetivos da certificadora, incluem a identificação da área de produção, que é feito pelo mapeamento de toda a propriedade rural, incluindo áreas protegidas, cursos d'água e áreas de cultivo certificado; e estimativa das safras anualmente, coletando dados como densidade de plantas, idade da cultura, insumos utilizados, incidência de pragas e doenças, variedade plantada, entre outros. O grande objetivo deste ponto, é que os produtores passem a gerir seus talhões de café de forma individual comparando a lucratividade, qualidade e então, estabelecendo um plano de renovação para melhorar seus rendimentos. Isto é conhecido como conceito de colheitas econômicas máximas e não agronômicas máximas.

Outro ponto chave exigido é a manutenção dos registros. Todos os documentos relacionados com a certificação devem ser arquivados durante certo período de tempo. Além disso, deve-se ter o registro ainda de todas as pessoas responsáveis pela certificação, com suas respectivas funções. E por fim, a rastreabilidade através da documentação do fluxo dos produtos desde as unidades de produção certificadas até os pontos de coleta (por exemplo, centros de armazenamento) e ao longo de todas as fases de processamento e manuseio.

Práticas agrícolas

Atendendo as exigências sugeridas pelas entidades certificadoras as propriedades atingem uma excelente produtividade, e a qualidade do produto atende as necessidades da indústria, que são dois dos princípios que regem esta etapa de certificação.

Para escolha do material de plantio, são utilizadas variedades adequadas para novas plantações. Essas variedades devem ter um bom rendimento e produtividade, resistência à doenças e estresse hídrico, boa qualidade do produto final, serem adaptadas às condições geográficas, ecológicas e agronômicas locais, entre outros. O uso de qualquer organismo geneticamente modificado como material de plantio para a cultura (incluindo lotes experimentais), deve ser comunicado à UTZ e ao comprador.

Estabelecer a densidade da plantação e utilizar técnicas de manejo, como o uso de podas, replantio em plantações com baixa produtividade, controle de plantas daninhas (prioridade às estratégias não químicas) e outras práticas, são aspectos importantes para garantir um sistema de produção bem estabelecido e que vise a manutenção da propriedade agrícola.

A diversificação é um ponto que pode ser considerado dentro de uma área certificada. Como diversificação considera-se a consorciação com outras espécies de plantas cultivadas ou não, como a criação de hortas, plantio de árvores de sombra em áreas de cultivo, ou qualquer outro tipo de diversificação.

Na gestão do solo e fertilidade é recomendado a adoção de práticas de conservação, como por exemplo, o uso de plantas de cobertura, no caso do Brasil o plantio de braquiária nas entrelinhas visa melhorar a reciclagem de nutrientes, aumentar a quantidade de água no solo (evitando irrigação desnecessária) e sequestrar carbono. Como parte do sistema de manejo, deve-se seguir no monitoramento da compactação do solo, evitando utilizar maquinários pesados em áreas com solos úmidos, frágeis ou áreas com alto risco de erosão. Queimadas não devem ser usadas para limpar a vegetação ao preparar os campos. Também é realizado a identificação do tipo e estrutura do solo e sua análise química, sendo esse procedimento repetido a cada três anos, buscando medidas para melhorar a fertilidade do solo de acordo com as necessidades nutricionais da cultura.

Algumas técnicas de manejo, visando melhoras no aspecto nutricional são praticadas, como, o plantio de espécies fixadoras de nitrogênio, sistema agroflorestal, compostagem e aplicação de fertilizantes, com prioridade para o uso de produtos orgânicos, sempre considerando a dose prescrita, período ou tempo e os intervalos de aplicação, além de observar as propriedades de liberação dos fertilizantes. Esgotos urbanos, lodo e água de esgoto não são utilizados nas propriedades, o estrume animal utilizado como fertilizante deve ser armazenado a pelo menos 25 metros de distância de qualquer corpo d'água, além de ser devidamente compostado, prevenindo os impactos ambientais, a transmissão de doenças e a contaminação por metais pesados.

Para que as propriedades recebam o selo de certificação socioambiental, a adoção do modelo de Manejo Integrado de Pragas e Doenças (MIP e MID) é necessária. Os programas de certificação o consideram como elemento chave para uma agricultura sustentável. Tal abordagem permite que os produtores cultivem seus produtos de forma mais saudável, protegendo a saúde dos trabalhadores e meio ambiente, além de auxiliar produtores a satisfazer requerimentos de qualidade de produtos.

Os pontos chaves do MIP e MID nos programas de certificação socioambiental incluem a implementação do uso combinado de métodos alternativos para o controle de pragas, como culturais, biológicos e mecânicos antes da adoção do controle químico; o uso eficiente de pesticidas em linha com quaisquer recomendações específicas para produtos como dose, períodos de reentrada e uso de um bom equipamento de proteção; o uso correto de métodos de aplicação; e nenhum uso de pesticidas altamente perigosos especificados na lista de banidos (UTZ, 2015). Através disso, os produtores melhoram ou mantêm a qualidade do solo nas suas propriedades agrícolas, utilizam os insumos agrícolas com responsabilidade e eficácia, além de utilizar a água de forma eficiente. Segundo Eduardo Sampaio, representante da UTZ no Brasil, esta ação consciente de aplicações pode ser adotada devido às pragas e doenças serem monitoradas e auditadas periodicamente.

Dentro deste conceito de MIP ressalta-se a importância da adoção de sistemas mais diversificados. De acordo com a UTZ, membros com sistemas mais diversificados, como por exemplo agroflorestais, podem ter menor necessidade de

usar produtos químicos para controlar pragas e doenças, devido à maior presença de organismos benéficos.

Visando o uso eficiente dos recursos hídricos, um projeto de irrigação bem estruturado e planejado faz parte do processo de otimização da produção. Registrar o uso da água (tipo de irrigação, quantidade de água utilizada e onde foi utilizada), estabelecendo a real necessidade de aplicação, levando em consideração as informações de chuva (previsão e registros) e avaliar o desempenho do sistema de irrigação contribuem para melhorar a eficiência do uso da água. Nas lavouras certificadas a água de irrigação é extraída de fontes sustentáveis e práticas para a adaptação a escassez de água são adotadas sempre que necessário, como por exemplo o aproveitamento de águas pluviais. A qualidade da água também é um fator importante, a água de esgoto não tratada não é utilizada para irrigação das lavouras, a água de esgoto tratada só é utilizada na colheita se a qualidade estiver em conformidade com as mais recentes orientações da OMS para o uso seguro de águas residuais e excreções na agricultura.

A colheita dos frutos é realizada visando qualidade e saúde da cultura. Os equipamentos de colheita devem ser bem conservados e limpos para evitar contaminação, assim como as instalações de armazenamento, manuseio e processamento. Mecanismos para respeitar os Níveis máximo de resíduos (NMRs) devem ser implementados caso o país importador possua legislação sobre os limites que podem ser tolerados em produtos comercializados.

Para evitar contaminações fúngicas durante o período de pós-colheita, os grãos devem ser secos até atingir um nível de umidade adequada, tomando cuidados para que não entre em contato com água durante o armazenamento e transporte. Além disso, os grãos devem estar limpos de impurezas atendendo as normas de qualidade.

Condições de trabalho e de vida

Os direitos dos trabalhadores devem ser respeitados em relação a liberdade de associação, horas de trabalho, salário e tratamento respeitoso. É permitido que os trabalhadores criem ou participem de associações trabalhistas sem sofrer discriminações. O trabalho infantil, escravo e o tráfico não devem ser empregados. Deve-se promover a escolarização e alfabetização de todos garantindo condições saudáveis e seguras aos trabalhadores para que eles suprem suas necessidades básicas.

De acordo com a legislação nacional de trabalho, crianças a partir de 14 anos, podem efetuar trabalhos leves, desde que não atrapalhe o seu desenvolvimento, escolaridade e saúde. Para realização deste trabalho, é necessário sempre ter supervisão de um adulto, sendo que as atividades não devem passar de 14 horas semanais.

Quanto a jornada de trabalho, é necessário cumprir 44 horas semanais, tendo pelo menos 1 dia de folga a cada 6 dias de trabalho. Fazer hora extra só é permitido

se solicitada e paga de acordo com a associação de trabalho, sem exceder 12 horas por semana. Os intervalos para descanso são feitos a cada 5 horas de trabalho, com duração de 30 minutos.

O conceito de salário de bem-estar, passa a ganhar mais importância nos diferentes países aonde a UTZ atua. No local de trabalho é importante possuir total acessibilidade a serviços de primeiros socorros e atendimentos de emergência gratuitos, no caso de necessidade enquanto efetua o serviço. Deste modo, caixas de primeiros socorros são distribuídas em alguns locais da propriedade e há sinalização de alerta dos perigos existentes em cada área. Além disso, os trabalhadores têm acesso a água potável, saneamento básico, refeitório, sanitários e alojamentos limpos e em boas condições.

A certificação exige que todos os membros do grupo envolvidos recebam um treinamento específico na sua área de atuação. Dessa forma, apenas pessoas treinadas, por exemplo, manuseiam produtos tóxicos. Além das exigências básicas como utilização de equipamentos de proteção individual, exames médicos periódicos para manipuladores de pesticidas, fiscalização de maquinários e equipamentos, instalações adequadas de moradia e primeiros socorros, e vários outros cuidados que visem atender e dar suporte às necessidades (ROCHA & MENDES, 2011).

Meio Ambiente

É fundamental o produtor se atentar a questões ambientais visando uma produção sustentável para adquirir a certificação da sua produção. Deste modo, o uso da água e energia deve ser feito de forma eficiente, deve-se evitar a contaminação de água, restaurar os habitats naturais e proteger os recursos naturais bem como a biodiversidade, reduzir emissões que contribuem para mudanças e/ou variabilidade climáticas, e realizar a gestão de resíduos na exploração agrícola de forma correta. Além disso, o produtor deve ter a capacidade de se adaptar sua produção as adversidades do clima.

Ao longo dos cursos de água é necessário manter uma zona de segurança com vegetação nativa, sendo que esta área não deve sofrer aplicações de produtos orgânicos e inorgânicos, sempre visando o uso consciente da água. Ao proteger a água, indiretamente há uma preservação da natureza como um todo.

Para adquirir a certificação, a área não deve apresentar desmatamentos de florestas primárias desde 2008. No caso de florestas secundárias a degradação pode ocorrer em alguns casos específicos, com permissão legal de título de terra, licenças governamentais ou relatório de especialistas do meio ambiente afirmando que estas áreas estão sendo compensadas em outros locais com igual valor ecológico.

O produtor também deve estar ciente de que sua produção ou processamento não ocorra a 2 km da área protegida, a menos que consiga uma autorização de um órgão ambiental nacional ou regional, compensando sempre os impactos do

meio ambiente. A respeito da fauna, ao encontrar espécies selvagens e ameaçadas de extinção nas lavouras e áreas urbanizadas da propriedade, um órgão ambiental responsável deve ser chamado para realizar a retirada do animal de forma segura, não sendo permitido realizar a caça, tráfico e captura desses animais para fins comerciais.

Em relação ao clima é fundamental tomar medidas, como o uso de fertilizantes e pesticidas de forma eficiente, sistema de captação de água e plantio de árvores, acompanhando sempre os impactos das mudanças climáticas que geram riscos a produção. A água limpa deve ser separada da contaminada, reciclando sendo que possível a contaminada. O consumo da água deve estar abaixo de 10 litros/kg de café verde, que corresponde a cerca de 2 litros/kg de café cereja. Por fim, é feita uma análise da qualidade da água a cada safra, comparando as avaliações antes e após o tratamento, através da demanda química de oxigênio, pH, sólidos sedimentáveis e taxa de fluxo. De acordo com os resultados obtidos, ações corretivas são adotadas.

Toda energia utilizada na propriedade é monitorada e registrada, sendo adotadas algumas medidas de eficiência energética, como fonte renovável. Outro monitoramento importante é o do ar, onde são adotadas medidas para evitar a sua contaminação, como o uso de energia alternativa nas unidades de processamento, regulação de maquinário e evitar queima de matéria orgânica e inorgânica.

Os resíduos produzidos na propriedade devem ser armazenados e eliminados em áreas designadas, porém aqueles considerados não perigosos podem ser reutilizados ou reciclados quando possível, como é o caso dos resíduos orgânicos, que podem ser utilizados como fertilizantes.

Conclusão

Tendo em vista a relevância da certificação para cafeicultura e, com base em levantamentos realizados com produtores de café, certificados e não certificados considera-se que produtores certificados recebem assistência técnica periódica em suas fazendas. Essa assistência especializada abrange todas as áreas de conhecimento.

Isto demonstra que esses produtores têm consciência da importância da atuação técnica para o êxito do seu empreendimento. De acordo com Bócoli *et al.* (2013) esta é uma prática que ocorre em menor frequência em propriedades não certificadas e, na maioria dos casos, se limitam a procura de técnicos apenas para a recomendação de nutrição das lavouras.

Observa-se ainda que os produtores não certificados obtêm menores produtividades em suas lavouras, decorrente de um uso incorreto de insumos agrícolas, adubação inadequada, controle ineficiente ou desnecessário de pragas e doenças. Tudo isso envolve uma falta de monitoramento e assistência técnica adequado a cada propriedade.

Muitos dos produtores que não aderem a certificação acreditam que a vantagem está ligada unicamente ao maior preço do produto. No entanto, os produtores que

adotam a certificação afirmam que a maior vantagem está ligada a um melhor gerenciamento da lavoura que leva a um melhor uso dos recursos naturais e por fim uma melhor produtividade, com mais qualidade e lucratividade. Pode-se observar algumas dificuldades neste sistema, como se enquadrar em todas as exigências requeridas no regulamento, bem como os altos custos iniciais para se adaptar a tudo que for necessário.

Por fim, o produtor certificado utiliza boas práticas agrícolas para que sua lavoura atinja uma alta produtividade com menor impacto ambiental ajudando as futuras gerações. Tudo isso é fiscalizado por auditores e responsáveis técnicos para checar sempre as normas pré-estabelecidas pelas entidades certificadores.

Referências Bibliográficas

Bócoli, CIC, Mendonça, JMA, Baquião Filho, C, Mendonça, LMLV (2013) Estudo do perfil de cafeicultores certificados e não certificados. In: VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Resumos, Salvador, BA.

CONAB. Café, safra 2015-2016. Available at: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_04_11_22_44_boletim_cafe_portugues_-_4o_lev_-_dez.pdf Accessed on September 20, 2017.

Ferrari EA (2002) Monitoramento de impactos econômicos de práticas agroecológicas. Métodos e Experiências inovadoras de monitoramento de projetos de desenvolvimento sustentável.

Guimarães, ER, Lopes, PF, Jorge, DWA, Duarte, GR, Reis, ND (2015) Ameaças à certificação *Fair-Trade* na cafeicultura. In: XVII Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, Artigos teóricos empíricos, São Paulo, SP. ENGEMA.

Pereira, SP, Bliska, FMM, Rocha, ABO, Giomo, GS (2007). Café Point. Relação entre produtores de café certificado e consumidores: Cooperativa *Fairtrade* / pequenos agricultores familiares. Available at: <https://www.cafepoint.com.br/radares-tecnicos/certificacao-e-qualidade/relacao-entre-produtores-de-cafe-certificado-e-consumidores-cooperativa-fairtrade-pequenos-agricultores-familiares-34101n.aspx> Accessed on September 20, 2017.

Rocha, AF, Mendes, ACA (2011) Certificação de café: análise da validação dos benefícios propostos pela FLO aos agentes envolvidos na obtenção do selo *Fairtrade* em uma cooperativa de cafeicultores de Minas Gerais. Administração Pública e Gestão Social 4: 421-441.

Silva, EC, Guimarães, ER. Bureau de Inteligência Competitiva do Café. A “Terceira Onda” do consumo de café. Available at: <http://www.icafebr.com.br/publicacao2/26287A%20Terceira%20Onda%20do%20Consumo%20de%20Cafe.pdf> Accessed on September 22, 2017.

Souza, MCM, Saes, MSM (2000) A Qualidade No Segmento De Cafés Especiais. Instituto de Economia Agrícola. 236:24-26.

UTZ CERTIFIED. Efeitos da Certificação UTZ para os Cafeicultores do Brasil. Available at: <https://utz.org/wp-content/uploads/2015/12/2015-Efeitos-da-certificacao-UTZ-no-Brasil-pt.pdf> Accessed on September 20, 2017.

UTZ. Lista de Pesticidas Banidos e Lista de Pesticidas em Observação. Available at: file:///D:/Meus%20Documentos/Downloads/PT_UTZ_List-of-Banned-PesticidesWatchlist_v1.0_2015%20.pdf. Accessed on September 12, 2017.

UTZ CERTIFIED. Código de Conduta Núcleo Para certificação individual e multi-local

Versão 1.1. Available at: file:///D:/Meus%20Documentos/Downloads/PT_UTZ_Core-Code-of-Conduct-Individual_v1.1_2015%20.pdf. Accessed on September 10, 2017.

UTZ CERTIFIED. Available at: <https://utz.org/>. Accessed on September 6, 2017.

“Arranjos produtivos na cultura do café e o manejo de doenças”

Ademilsom de Oliveira Alecrim¹

Dalyse Toledo Castanheira¹

Danielle Pereira Baliza²

Ronaldo Alves Libânio¹

Rubens José Guimarães¹

INTRODUÇÃO

O café faz parte da história da humanidade desde sua descoberta na Etiópia, evoluindo com novos sistemas de cultivo e na forma de consumo, com contribuições de árabes, europeus, asiáticos, africanos e americanos. A planta de café tem suas particularidades (morfologia, anatomia e fisiologia) que devem ser conhecidas para o entendimento de questões importantes no manejo de doenças.

Como toda cultura perene, deve-se cuidar para que não ocorram erros desde a fase de mudas, e para tanto, deve-se conhecer um pouco das tecnologias tradicionais e das mais recentes de propagação do cafeeiro até o cultivo em campo. Medidas preventivas desde a formação da lavoura poderão evitar problemas futuros como raquitismo, problemas fitossanitários, raízes defeituosas e até a morte das plantas. Com o detalhamento necessário ao entendimento das técnicas de manejo da cultura, serão abordados também os “arranjos produtivos na cultura do café e o manejo de doenças” para subsidiar estudantes e pesquisadores em seus estudos com foco na fitopatologia. Da mesma forma, serão feitas considerações gerais sobre doenças e nematoides na cafeicultura, abordando principalmente os fatores que podem predispor as plantas ao ataque e as opções de manejo, buscando-se a produção sustentável.

¹Universidade Federal de Lavras

²Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais/Campus Bom Sucesso.

O CAFÉ E A EVOLUÇÃO DOS CULTIVOS

Desde o início do cultivo comercial na Arábia, diversas formas de cultivo foram utilizadas e, por meio da evolução dessas, foi-se adaptando o manejo à planta e a planta ao manejo, para o alcance de altas produtividades. As duas espécies de café mais importantes economicamente são a *Coffea arabica* L. (originária da África Oriental) e *Coffea canephora* Pierre (originária da África Ocidental), responsáveis pela quase totalidade do café comercializado no mundo. Na classificação botânica essas duas espécies fazem parte do Gênero *Coffea*, Seção *Eucoffea*, Subseção *Erythrocoffea* (Guerreiro Filho et al., 2008).

A espécie *Coffea arabica* L. é originária do sudoeste da Etiópia, sudeste do Sudão e norte do Quênia, em altitudes entre 1.000 e 2.000 metros e atualmente, é cultivada em regiões de maiores altitudes de temperaturas mais amenas, entre 18°C e 21°C, nos continentes africano, americano e asiático. Já a espécie *Coffea canephora* Pierre é originária de região quente (temperatura média anual de 22°C a 26°C), úmida e de baixa altitude, desde a Guiné ao Congo, da costa oeste à região central do continente africano, com precipitação entre 1.500 e 2.000 mm anuais (Guimarães, Mendes e Souza, 2002d).

Na espécie *Coffea arabica* L., a propagação das plantas é feita predominantemente por sementes, sem a necessidade da introdução de plantas polinizadoras nos plantios, pois são autógamas, sendo que tem sido comprovada também a viabilidade da propagação comercial por estaquia e embriogênese somática. Já na *Coffea canephora* Pierre, é muito utilizada a propagação por estaquia além de sementes, porém nesse segundo caso, com o cuidado de se mesclar plantas geneticamente diferentes para garantir a polinização e consequente boa produtividade, pois trata-se de plantas auto incompatíveis (Silva et al., 2010).

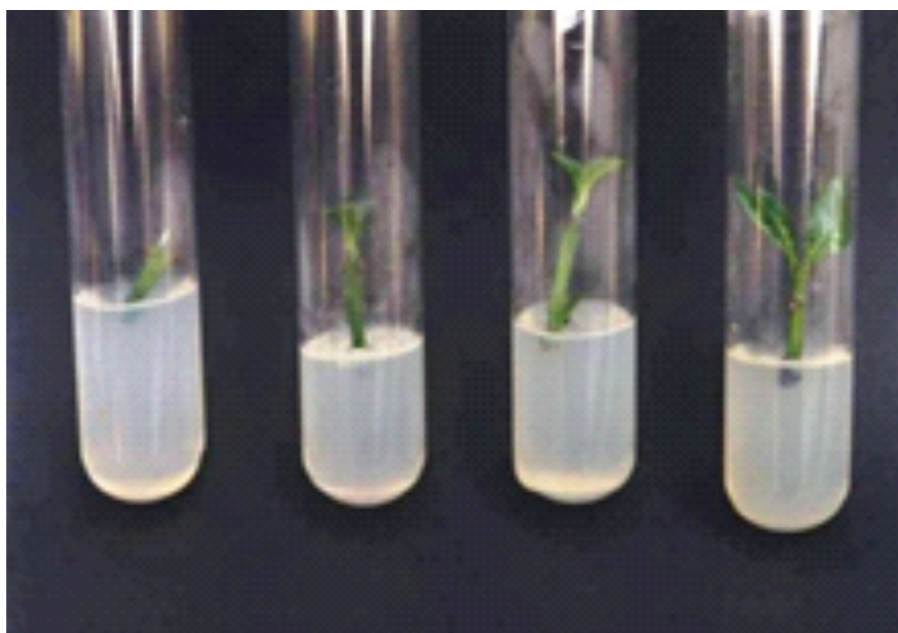
Quanto à morfologia, as plantas de *Coffea arabica* L. são cultivadas originalmente por um único caule, enquanto a *Coffea canephora* Pierre possui arquitetura multicaule. As folhas das plantas da *Coffea canephora* Pierre são maiores, mais onduladas entre as nervuras e de cor verde mais claro que as da *Coffea arabica* L.; os frutos das plantas da *Coffea canephora* Pierre são geralmente menores, mais numerosos no nó de produção e mais esféricos (Guimarães, Mendes e Souza, 2002a).

No início do cultivo do café, o semeio era feito diretamente na cova, época em que se utilizava até 30 sementes para se garantir, no final da implantação da lavoura, um stand de seis a oito mudas por cova, sendo que as mudas que ali se formavam eram protegidas do excesso de radiação solar por uma proteção natural formada de galhos e folhas. Utilizava-se e em alguns países ainda se utiliza mudas obtidas de “viveiros naturais”, ou seja, mudas formadas de frutos caídos naturalmente, em muitos casos em áreas de ocorrência natural dos cafeeiros (Guimarães, Mendes e Souza, 2002c).

A medida que se aprimoravam as tecnologias de cultivo do café, os cafeicultores passaram a formar as mudas em viveiros, para depois levá-las ao campo. Há relatos da utilização de recipientes para a formação de mudas com laminados de

madeira (pinho) e também, a tecnologia de semear diretamente em blocos de solo argiloso. A tecnologia de produção de mudas utilizada a partir daí e até hoje adotada por viveiristas de todo o mundo é com o uso dos saquinhos de polietileno (tecnologia proposta pela Seção de Café do Instituto Agrônomo de Campinas-IAC/Brasil ou em tubetes de polietileno rígido (Guimarães, Mendes e Souza, 2002c).

Com a utilização da biotecnologia é possível a produção de mudas por meio das técnicas da embriogênese somática, micro estaquia, cultura de embriões ou cultura de anteras. Dessas, a embriogênese somática é a mais promissora e, em breve, deverá estar disponível para utilização pelos cafeicultores (Silva, et al., 2010).



Técnica de propagação do cafeeiro por micro estaquia (cultura de tecidos) - Brasil. Foto: Rubens José Guimarães.

ASPECTOS MORFOLÓGICOS, ANATÔMICOS E FISIOLÓGICOS DO CAFEIEIRO

O conhecimento da planta de café e suas particularidades na morfologia (arquitetura de plantas, excesso de brotações, entre outras), anatomia (número e funcionalidade de estômatos, entre outras) e fisiologia (eficiência fotossintética, entre outras) é fundamental para que se possa compreender questões importantes

na fitopatologia. O café é uma planta perene que pode ter uma vida útil de cerca de vinte anos ou mais, de forma que a escolha errada de uma cultivar não adaptada para a região de plantio ou mesmo a utilização de um espaçamento inadequado poderá comprometer o empreendimento por toda a vida da cultura (Guimarães, Mendes e Baliza, 2010; Reis e Cunha, 2010).

A planta de café tem características peculiares que merecem ser estudadas para um maior entendimento de sua interação com o meio ambiente e suas reações diante de estresses bióticos e abióticos, especialmente quanto às mudanças climáticas, como a má distribuição de chuvas durante o ano.

Externamente, os frutos do café têm o exocarpo, geralmente de cor vermelha ou amarela quando maduros, que possibilita importante auxílio na identificação da variedade/cultivar (material genético). Imediatamente abaixo do exocarpo, os frutos de café possuem uma camada gelatinosa (mesocarpo ou mucilagem), que poderá ser retirada total ou parcialmente para a secagem dos grãos, dependendo do tipo de café pretendido ao final do processamento pós colheita (Livramento, 2010). Assim, são produzidos os cafés naturais (secos sem a retirada do exocarpo e mesocarpo), os cafés cereja-descascado (secos após a retirada do exocarpo, porém sem o processo de retirada da mucilagem), e ainda os cafés despulpados (secos após retirada do exocarpo e também do mesocarpo por meio de desmucilador mecânico ou processo de fermentação controlada) (Borém, 2014).

Cada fruto de café tem em seu interior duas sementes envoltas pelo endocarpo do fruto, também conhecido como pergaminho, que protege a semente de danos mecânicos que poderão comprometer desde a qualidade das sementes até a qualidade do produto final. No processo de produção de sementes de café que serão levadas aos viveiros para a produção de mudas, retira-se o exocarpo e o mesocarpo dos frutos e as sementes (ainda com o endocarpo) são colocadas a secar (inicialmente ao sol e depois à sombra) até umidade de cerca de 14%, quando estarão prontas para o semeio ou comercialização para utilização em outros viveiros (Silva et al., 2010).

No viveiro as sementes são colocadas para germinar diretamente nos recipientes (sacos plásticos com substrato composto por solo com adubo orgânico e fertilizantes) e, após 30 a 45 dias com irrigações constantes, as sementes germinam (protrusão da radícula). A radícula cresce em direção ao solo dando suporte para a emergência das plântulas após torção do hipocótilo e posterior elevação dos cotilédones para fora do solo, o que ocorre cerca de 60 a 90 dias após a semeadura. Nessas fases da germinação, as plântulas ainda estão com o sistema radicular pouco desenvolvido e, portanto, muito sensíveis ao déficit hídrico (Silva et al., 2010).

Quando a plântula inicia o processo de emergência, surgem primeiro as alças hipo cotiledonares. Nessa fase da germinação é importante que se tenha sob controle a insolação no interior do viveiro (cerca de 50%), sob pena de rompimento da alça hipo cotiledonar e consequente morte das plântulas. Emergidas do solo, as plântulas chegam às fases de “palito de fósforo” e “orelha de onça” ainda sem capacidade de produzir fotoassimilados e muito vulneráveis aos fungos de solo como o

Rhizoctonia solani, causador da rizoctoniose do cafeeiro ou também conhecida como “tombamento de mudas”. Assim, quando os viveiristas percebem que foi alcançada essa fase da germinação, devem ficar atentos à necessidade de controle químico, caso as medidas preventivas, como o uso de solo livre de fungos e controle da irrigação, não surtam efeito (Silva et al., 2010).

A partir da emissão das folhas cotiledonares, surgem as folhas “verdadeiras” nas axilas das quais são formadas “gemas seriadas”, que no ramo central (ortotrópico) originam somente ramos ortotrópicos. Assim, essas gemas seriadas poderão ser importantes no futuro em podas de renovação da lavoura, mas podem também ser necessárias para a recuperação das plantas ainda em fase de mudas no caso de podas para o reaproveitamento dessas (Livramento, 2010). Portanto, “gemas seriadas” do ramo ortotrópico só originam “ramos ortotrópicos”, ou seja, em qualquer tipo de poda nesse ramo as gemas seriadas somente darão origem a outros ramos ortotrópicos. É comum o aparecimento de ramos ortotrópicos em excesso em função de estresses como calor, danos pela colheita mecânica, outras podas, chuvas de granizo, etc., o que obriga os cafeicultores a retirarem esses brotos uma ou mais vezes ao ano (desbrotas). Também é por meio de fragmentos (estacas) desses “ramos ortotrópicos” que se propaga vegetativamente o café (estaquia), tanto no *Coffea arabica* L. quanto no *Coffea canephora* Pierre (Rena e Maestri, 1986).

Na haste principal que tem crescimento ereto (ramo ortotrópico), as folhas “verdadeiras” são formadas em ângulos de cerca de 60°, com crescimento em forma de espiral à medida que são emitidas. À partir do 8º ao 10º “nós”, acima da série de gemas (seriadas), surgem também as gemas chamadas de “cabeça de série”, que darão origem aos primeiros ramos produtivos do cafeeiro (ramos plagiortrópicos) (Rena e Maestri, 1986). Esse é um sinal importante que é utilizado pelos cafeicultores como indício que essa planta se prepara para iniciar a fase reprodutiva.

A medida que a planta de café cresce e se desenvolve, novos ramos plagiortrópicos são formados e nas axilas das folhas desses surgem da mesma forma uma série de gemas (seriadas) com uma “gema cabeça de série” acima. Essas “gemas seriadas”, agora surgidas em ramos plagiortrópicos, poderão produzir ramificações (plagiortrópicos secundários, terciários, ou de maior ordem) ou inflorescências e consequentemente frutos. Já as gemas cabeça de série continuarão a originar ramos plagiortrópicos, ou seja, sempre originam ramos plagiortrópicos, independentemente do ramo que se encontrar (Rena e Maestri, 1986).

É importante observar que inflorescências são formadas a partir de “gemas” e há sempre a necessidade de novas gemas, e consequentemente novos ramos para dar suporte às futuras produções. Assim, é necessário primeiro o crescimento de ramos, para com eles as novas gemas produzirem novos frutos. Com esses conhecimentos, os profissionais de agronomia e os cafeicultores podem se orientar para conduzir e/ou recuperar as plantas de café para a máxima e melhor produtividade, planejando as podas ou calculando produtividades do ano seguinte (para cálculo de adubação e planejamento fitossanitário).

Agora fica mais fácil de entender que para produzir bem, o cafeeiro tem primeiro que crescer e produzir novos ramos. No ano de alta produtividade do cafeeiro, o consumo de fotoassimilados também é grande devido ao “dreno” prioritário dos frutos em relação a outras partes da planta, inclusive raízes e produção de novos ramos. Assim, em ano de alta produtividade o café prioriza a frutificação e tem um menor crescimento de ramos, que por sua vez seriam a base da produção do ano seguinte, que, portanto, será menor. Com o mesmo raciocínio pode-se entender que após um ano de baixa produtividade haverá quantidade suficiente de fotoassimilados para suportar o crescimento vigoroso de novos ramos até o ano seguinte, quando então, poderá haver altas produtividades. Essa alternância entre maiores e menores produtividades é conhecida como “BIENALIDADE DO CAFEIEIRO”, pois a cada dois anos se tem altas produtividades ou, a cada dois anos se tem baixas produtividades, mesmo com manejo adequado (Rena e Maestri, 1986; Livramento, 2010).

Assim como a formação de novos ramos é importante para a produtividade dos anos seguintes, também é importante para a formação de novas folhas. As folhas são formadas a partir de ramos novos pois, folhas velhas que sofreram abscisão (queda) por qualquer motivo (idade, pragas, doenças, condições climáticas desfavoráveis, entre outras) não são novamente formadas nos ramos em que se originaram. Um novo enfolhamento capaz de retomar a plena capacidade de realizar fotossíntese somente é alcançado com o surgimento de novas folhas junto aos novos ramos formados a partir dos meristemas apicais.

Ao contrário dos frutos, que têm grande força de “dreno”, o sistema radicular é considerado “dreno fraco” (Rena e Maestri, 1986). Ou seja, em anos de alta produtividade as raízes têm acesso a menor quantidade de fotoassimilados para crescer ou mesmo se manter, principalmente no caso de manejo inadequado da cultura (nutrição inadequada, competição por plantas daninhas, etc.). Com essa explicação pode-se entender que, em determinadas condições de manejo inadequado e em anos de alta produtividade, pode haver grande mortalidade de plantas no campo, em função do “esgotamento” das raízes.

Didaticamente pode-se classificar as raízes do cafeeiro em quatro tipos, sendo: “raiz pivotante”, “raízes axiais”, “raízes da placa superficial” e “raízes de fora da placa superficial”. A “raiz pivotante” normalmente é única no caso de propagação por sementes. É curta e grossa com cerca de 0,4 a 0,5 metros de comprimento e é base para o crescimento dos outros tipos de raízes. Por essa razão deve-se ter cuidado para que não seja danificada no processo de formação de mudas, ou mesmo durante o plantio em campo, pois isso pode levar a planta à morte por ocasião das primeiras produções (“drenos” dos frutos) (Rena e Maestri, 1986).

As “raízes axiais” são em número de 6 a 8 e podem chegar a 2 ou 3 metros de profundidade no solo. Essas são importantes na exploração do solo para alcançar a água disponível e tão necessária ao crescimento e desenvolvimento das plantas, em especial em períodos de estiagem. As “raízes da placa superficial” são mais finas e concentram-se superficialmente (20 a 30 cm de profundidade) abaixo da copa dos

cafeeiros. Essas são as principais responsáveis pela absorção dos nutrientes aplicados durante as adubações e por isso devem ser preservadas, evitando-se a destruição por implementos agrícolas como grades e enxadas rotativas e também a compactação do solo nessa região da rizosfera por excessivo trânsito de máquinas. As “raízes de fora da placa superficial” são aquelas intermediárias entre as da placa superficial e as demais citadas e exploram o solo naquela região (Rena e Maestri, 1986; Livramento, 2010).

A anatomia das plantas também é importante ferramenta para a descrição das plantas de cafeeiro. A descrição da anatomia do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) foi feita na década de 50 (Dedecca, 1957), porém posteriormente poucos trabalhos foram realizados para relacionar características anatômicas de diferentes variedades ou mesmo de alterações causadas por estresses bióticos ou abióticos nas plantas de café. Dessa forma, percebe-se o potencial de utilização das características anatômicas como importante instrumento no apoio ao melhoramento genético assistido do cafeeiro, visando à identificação de genótipos superiores de café (Batista et al., 2010). Sabe-se que a planta está dinamicamente relacionada com as condições de cultivo (Silva, Alquini e Cavallet, 2005), sendo que a intensidade de radiação solar, disponibilidade de água e nutrientes, além da presença de pragas e patógenos podem alterar a estrutura interna das folhas. Recentemente alguns trabalhos indicaram que características estruturais, quando associadas às fisiológicas podem apontar cultivares de cafeeiro que possam ter tolerância à seca (Grisi et al., 2008; Batista et al., 2010). Trabalhos têm mostrado que o conhecimento da anatomia do cafeeiro pode ser importante ferramenta para o lançamento de novas cultivares tolerantes a doenças, pragas (Ramiro et al., 2004), e até mesmo a condições de sombreamento (Gomes et al., 2008; Baliza et al., 2012). Assim, o conhecimento das alterações anatômicas no cafeeiro, pode ser decisivo no enfrentamento de mudanças climáticas como temperaturas elevadas, secas, entre outros.

ARRANJOS PRODUTIVOS PARA A IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DA LAVOURA

Deve-se preocupar inicialmente com a região onde se pretende implantar a lavoura, ou seja, temperatura média anual de 19 a 22° C para cultivares da espécie *Coffea arabica* L. e de 23 a 26° C para a espécie *Coffea canephora* Pierre. O cultivo de *Coffea arabica* L. em locais de temperaturas médias anuais acima do recomendado, ou mesmo a ocorrência de períodos muito quentes, pode levar as plantas a formação de flores abortivas, diminuindo consequentemente a produtividade. No caso de plantio de *Coffea canephora* Pierre, o plantio em áreas com temperaturas médias anuais menores que as ideais também afeta a produtividade (Botelho et al., 2010; Taques e Dadalto, 2007).

O frio ou o calor excessivo na cultura do café, mesmo de ocorrência apenas em algumas épocas do ano, podem comprometer a produtividade e mesmo a qualidade



Vista geral de uma lavoura de café. Foto: Rubens José Guimarães.

do produto final. Abaixo de 16°C , o crescimento da parte aérea é prejudicado pela ocorrência de desordens fisiológicas, como drástica redução da translocação de fotoassimilados, da fotossíntese e da assimilação do nitrogênio pelas folhas. Assim, em locais de ocorrência de baixas temperaturas, o cultivo do café pode ser prejudicado, podendo levar as plantas à morte com temperaturas próximas de 0°C quando ocorre o congelamento dos espaços intercelulares e rompimento das paredes das células (Rena e Maestri, 1986).

Da mesma forma, massas de água nas proximidades da lavoura, como grandes represas ou cursos d'água, podem influenciar na forma de manejo e até na qualidade do produto final. Por exemplo, a maior umidade relativa do ar pode levar à maior incidência de doenças causadas por fungos e bactérias, o que pode ser agravado quando se instala a lavoura em espaçamentos menores (mais adensados). A qualidade do produto final pode também ser comprometida por fermentações indesejáveis nos frutos, antes mesmo de serem colhidos, levando à necessidade de antecipação da colheita como forma de preservação da qualidade do produto final (Guimarães, Mendes e Baliza, 2010).

O relevo da área na qual se pretende instalar uma lavoura de café também é fundamental na escolha do manejo que deverá ser adotado no futuro. Declividades superiores a 30% já limitam a mecanização das operações de manejo como

pulverizações, adubação mecânica e colheita com colhedoras tracionadas por trator ou automotrizas. Em regiões de relevo ondulado a mecanização é possível com máquinas de grande porte, porém, em condições de maior declividade utiliza-se equipamentos portáteis junto à colheita manual (Silva, Carvalho e Salvador, 1997).

A presença de pedregulhos e/ou cascalhos nos primeiros 30-40cm de profundidade pode ser limitante para o uso de implementos agrícolas na cafeicultura, pois aumentam o desgaste desses, além de diminuir a capacidade de armazenamento de água do solo. A profundidade efetiva do solo, ou seja, a região até a qual as raízes da planta podem penetrar sem dificuldade, em quantidade suficiente para a busca de água e nutrientes, deve ser de pelo menos 1,2m desde que sua textura seja média a argilosa e não tenha mais de 15% de pedras. Em solos com maior teor de areia, ou localizados em regiões com deficiência hídrica frequente, devem ser mais profundos para que não haja comprometimento do desenvolvimento do cafeeiro (Guimarães, Mendes e Souza, 2002d). Na escolha da área de cultivo deve-se atentar para solos de texturas muito argilosas que requerem maiores quantidades de fertilizantes fosfatados e correções com maiores quantidades de gesso. Cuidados também são necessários nos solos muito arenosos, como no suprimento de micronutrientes, aplicação de calcário e gesso, além da necessidade de maiores parcelamentos das adubações (Botelho et al., 2010).

Com relação a pluviosidade, é importante lembrar que áreas com boa distribuição de chuvas e solos com maior capacidade de retenção de umidade, de textura média, devem ser preferidos, a menos que haja disponibilidade de irrigação nos períodos de déficit hídrico (Botelho et al., 2010).

A escolha de solos com boa fertilidade natural é desejável, porém não é fundamental diante da possibilidade da utilização de fertilizantes (orgânicos ou minerais) e das correções de solo quanto ao pH e ao alumínio. (Guimarães, Mendes e Souza, 2002d; Botelho et al., 2010), porém não se deve perder de vista o custo de produção do café.

Ainda sobre a escolha do solo para a implantação de lavouras de café deve-se considerar: a) evitar áreas com solos compactados, comuns em áreas com o uso intensivo de mecanização, o que limita o crescimento das raízes; b) evitar áreas sujeitas a ventos constantes sem barreiras naturais (matas), ou utilizar quebra-ventos temporários (culturas anuais, como arroz, feijão, soja, sorgo e milho, entre outras) e/ou permanentes (grevele, bananeira e leucena, entre outras); c) utilizar áreas livres de pragas de solo e de nematoides (Botelho et al., 2010).

Para escolha do espaçamento entre as plantas de café deve-se levar em consideração o alinhamento das plantas em relação ao caminhar do sol, a cultivar a ser utilizada (porte e arquitetura), a fertilidade do solo, tratamentos culturais, sistemas de poda a utilizar, declividade do terreno, dentre outros. Atualmente utiliza-se espaçamentos com maior adensamento na linha de plantio que possibilitem cerca de 6.000 a 7.500 plantas por hectare, permitindo ainda com essa densidade a mecanização da lavoura (Botelho et al., 2010), porém em algumas partes do mundo maiores densidades de plantio são utilizadas, desde que se disponha de mão de obra para tratamentos manuais. Assim, na escolha do espaçamento, o espaço na entrelinha

deve ser o suficiente para o completo crescimento das plantas permitindo também o trânsito das máquinas a serem utilizadas, a menos que se pretenda recorrer às podas programadas para utilização de um espaçamento menor.

UTILIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO NA LAVOURA CAFEIEIRA

Com a crescente demanda por água das populações urbana e rural em todo o mundo, a utilização de água na agricultura deve ser feita de forma responsável, para que se diminua o consumo na produção de café, mantendo altas produtividades. Além disso, a distribuição das chuvas não tem sido satisfatória para as lavouras em muitas partes do mundo onde se produz café. Assim, técnicas agronômicas para mitigação da seca têm sido aplicadas como a utilização de “cobertura morta”, aplicação de matéria orgânica ao solo e, no caso de lavouras irrigadas a utilização da “irrigação localizada” (Vicente et al., 2011). Esse tipo de irrigação consiste na aplicação de água diretamente na região do sistema radicular das plantas em pequenas quantidades para otimização desse importante recurso natural.

Precipitações insuficientes e mal distribuídas são fatores que tem impulsionado o uso da irrigação em lavouras cafeeiras. No Brasil, cerca de 233 mil hectares cultivados com café são irrigados, o que corresponde a 25% da produção anual (Santinato, Fernandes e Fernandes, 2008). Tal fato permite situar o cafeeiro como uma das principais culturas irrigadas no país. Os mesmos autores citam como sistemas mais utilizados na irrigação do cafeeiro: tubos perfurados à Laser (“Tripa”), gotejamento, pivô central com emissores localizados (LEPA – Low Energy Precision Application), pivô central convencional (irrigação em área total) e aspersão em malha.



Irrigação por gotejamento em lavoura de café. Foto: Rubens José Guimarães.

A água deve ser bem distribuída ao longo do tempo e em quantidade suficiente para que as plantas possam crescer e se desenvolver, sendo também importante fator para a absorção e transporte de nutrientes. Em função da má distribuição de chuvas, principalmente em algumas das regiões produtoras de café, a irrigação tem garantido importantes ganhos de produtividade, que podem chegar a 120% dependendo da região e do estresse hídrico (Serra et al., 2013).

Aumentos substanciais no crescimento de lavouras irrigadas são verificados em diversas pesquisas. Nazareno et al. (2003), avaliando o crescimento inicial na região dos Cerrados verificaram incrementos de 16% no número de ramos plagiotrópicos e de 79% no número de nós das plantas irrigadas, quando comparadas às não irrigadas. Segundo Carvalho et al. (2006) e Moreira et al. (2004) plantas cultivadas sem irrigação tendem a apresentar menor altura e diâmetro de copa que as irrigadas, indicando que a restrição hídrica pode afetar os processos metabólicos do crescimento vegetal.

Além do incremento no crescimento das plantas, o uso da irrigação permite dobrar a produtividade média dos cafeeiros (Bonomo et al., 2008), porém o potencial de resposta ao uso da irrigação é diferenciado, principalmente em função das condições edafoclimáticas da região que se pretende irrigar. De forma geral, locais onde o déficit hídrico é mais acentuado, há maior resposta à utilização dessa tecnologia. Deve-se enfatizar que a irrigação não ameniza o efeito bienal da produtividade de café, porém, propicia aumentos de produtividade quando se considera a média de biênios (Silva, Teodoro e Melo, 2008; Faria & Siqueira, 2005). Além disso, a irrigação retarda e induz à desuniformidade na maturação dos frutos, em função do aumento de floradas (Rezende et al., 2010).

Com relação à qualidade física, Vilella et al. (2001) e Rotondano et al. (2005) verificaram maior porcentagem de grãos retidos nas peneiras 16 e acima nos tratamentos irrigados em relação ao não irrigado, evidenciando que a irrigação proporciona melhor granação dos frutos. De maneira geral, o uso da irrigação não tem produzido efeitos na qualidade da bebida do café (Rotondano et al., 2005; Rezende et al., 2010).

UTILIZAÇÃO DE FERTILIZANTES DE EFICIÊNCIA AUMENTADA

A nutrição do cafeeiro é importante para o crescimento e desenvolvimento, mas também interfere indiretamente na tolerância ao ataque de pragas e doenças, e a períodos prolongados de seca. Assim, a adubação equilibrada e racional deve ser preocupação constante dos cafeicultores para um bom manejo da lavoura. Com a busca constante por uma cafeicultura mais produtiva e sustentável, tecnologias que aumentam a eficiência no uso dos nutrientes e possibilitam menor impacto ambiental são cada vez mais necessárias (Guelfi, 2017). Os fertilizantes estabilizados, de liberação lenta ou controlada, também denominados como fertilizantes de eficiência

aumentada, têm sido destacados como alternativa eficiente para a nutrição do cafeeiro, principalmente em condições adversas.

Fertilizantes de eficiência aumentada são definidos como aqueles nos quais existem compostos capazes de controlar quimicamente, fisicamente e/ou microbiologicamente as taxas de liberação dos nutrientes (Shaviv, Rabans e Zaidel, 2003). Esses fertilizantes possuem maior eficiência no fornecimento de nutrientes às plantas devido à disponibilização de forma gradual, além de possibilitarem a redução das perdas por lixiviação e volatilização, tornando a adubação da lavoura mais segura (Timilsena et al., 2015). No cafeeiro, o uso de fertilizantes com esse tipo de tecnologia foi capaz de reduzir mais de 90% das perdas de amônia por volatilização, quando comparado à ureia comum (Dominghetti et al., 2016). No entanto, os preços desses fertilizantes ainda são consideravelmente superiores aos convencionais (Guelfi, 2017).

Nos fertilizantes de liberação lenta ou controlada há uma maior sincronia entre a liberação dos nutrientes e a demanda da planta, o que pode otimizar ainda mais a adubação. A disponibilização do nutriente é influenciada por variações de temperatura, precipitações, umidade, textura e pH do solo, agentes microbiológicos, entre outros (Cancellier, 2013). Nesse sentido, ressalta-se que fatores como condições climáticas, características do solo, exigência da cultura e tecnologia dos fertilizantes devem ser levados em consideração no manejo da nutrição do cafeeiro.

UTILIZAÇÃO DE CULTIVOS INTERCALARES

O café é uma cultura perene de alto custo de implantação e com início de retorno econômico significativo somente após 2,5 anos da sua implantação. Nesse período de implantação, as plantas de café ainda estão pequenas e ocupando pouco espaço, deixando nas entrelinhas da lavoura grande área sem utilização, que ficará mais sujeita à erosão do solo, além de favorecer o crescimento de plantas daninhas caso não seja aproveitada. Assim, uma outra maneira de se manejar as lavouras de café nas entrelinhas é com a utilização de cultivos intercalares, o que é muito comum no Brasil e outros países, especialmente em pequenas propriedades cafeeiras que pouco utilizam a mecanização.

Em função do exposto, os pequenos cafeicultores optam por plantar culturas anuais nas entrelinhas de suas lavouras pois, além de aproveitarem melhor as áreas da propriedade, também racionalizam a mão de obra (normalmente familiar), e produzem alimentos de subsistência com a possibilidade de venda do excedente para aumento da renda familiar. Além dessas vantagens, segundo Guimarães, Mendes e Souza (2002a), o cultivo intercalar pode diminuir o custo de formação da lavoura, manter cobertura morta sobre o solo, melhorar a permeabilidade e aeração do solo, possibilitar a incorporação de restos culturais, funcionar como quebra-ventos temporários que protegem a lavoura, gerar empregos extras na propriedade

rural, reduzir o número de capinas e consequentemente a necessidade de mão de obra, promover a ciclagem de nutrientes, gerar benefícios ambientais e favorecer a microbiologia do solo.

Porém essa técnica de cultivo intercalar deve ser utilizada em situações em que não se promova a concorrência com a cultura do café em água, luz e nutrientes, pois nesse caso, pode diminuir a produtividade de uma ou das duas culturas envolvidas. Também deve-se atentar para os fatos de que, as culturas cultivadas nas entrelinhas do café podem dificultar a aplicação de fungicidas/inseticidas/acaricidas/herbicidas além de dificultar a mecanização dos tratos culturais como adubações, pulverizações e até mesmo a colheita (Guimarães, Mendes e Souza, 2002b).

Esse tipo de manejo pode influenciar os fatores predisponentes de doenças, ou mesmo interferir na incidência e severidade das mesmas. Algumas culturas podem servir de hospedeiras, outras são atacadas por pragas que eventualmente atacam o cafeeiro. A incidência do “bicho minador”, por exemplo, é maior nas áreas de cultivos intercalares, por ser o habitat favorável ao desenvolvimento e proteção dessa praga (Begazo e Oliveira, 1979).

Algumas culturas utilizadas no cultivo intercalar são: feijão, milho, arroz, soja, amendoim, mandioca, girassol, algodão, fumo, hortaliças e plantas medicinais. Em algumas regiões também se utilizam plantios de café consorciado com algumas outras culturas perenes como, seringueira, mamão (ou outras fruteiras), ou ainda se cultiva o café utilizando-se sistemas agroflorestais (SAF's).



Feijão como cultura intercalar ao café. Foto: Rubens José Guimarães.

UTILIZAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA NA CAFEICULTURA

O uso de cobertura vegetal no solo entrou em desuso após um período de tecnificação muito acentuada e uso intensivo do solo e de adubos químicos. A falta dessas práticas tradicionais levou a depauperação de muitos solos do Brasil, principalmente onde o produtor não adotava práticas conservacionistas. Nesse sentido, a adoção de práticas sustentáveis como o uso de plantas de cobertura na entrelinha do cafeeiro passa a ser alternativa viável, tendo em vista os benefícios que elas apresentam no agroecossistema.

Ambrosano et al. (2005) destacam os benefícios das plantas de cobertura como: o aumento na capacidade de infiltração de água, evitando escoamento superficial e promovendo aumento do reservatório de água no solo; proteção contra a erosão, evitando a desagregação do solo e o selamento superficial; diminuição da amplitude térmica no solo, favorecendo a ação de microrganismos; promoção da reciclagem de nutrientes no perfil do solo, devido ao crescimento em profundidade das raízes, principalmente leguminosas; aumento do teor de matéria orgânica no solo, da CTC e da soma de bases; diminuição da competição com plantas daninhas, devido a efeitos de supressão e alelopatia. Além de todos esses benefícios algumas dessas plantas apresentam controle de fitonematoides e a redução da pressão de pragas e doenças, devido à quebra do ciclo da cultura.

As poáceas, junto com as fabáceas, constituem as principais famílias quando se trata de cobertura vegetal. Apresentam crescimento vegetativo vigoroso, tanto da parte aérea quanto do sistema radicular (Wang, Hesketh e Woolley, 1986). O capim-braquiária é a planta mais utilizada da família das poáceas, destacando-se em função da rusticidade, baixa exigência nutricional e tolerância à seca e, quando comparada com outras forrageiras, apresentam excepcional produtividade de matéria seca (Ambrosano et al., 2005; Ferreira, 2011). A semeadura é realizada na estação chuvosa, recomendando-se plantar em linhas espaçadas de 30 a 50 cm, ou a lanço em uma profundidade máxima de 2 cm, sendo necessário de 10 a 12 kg de sementes por hectare.

Já as fabáceas, apesar de em geral não produzirem teor de matéria seca tão grande quanto as poáceas, destacam-se pela capacidade de fixarem nitrogênio (N_2) atmosférico e incorporá-lo ao sistema, reduzindo a necessidade de adubação nitrogenada. A consorciação de leguminosas com a cultura do café tem propiciado cobertura do solo e efeito supressivo sobre as plantas daninhas, promovendo maior economia de mão de obra e de capinas (Cunha & Alvarenga, 2003).

A fabácea escolhida como planta de cobertura do solo, no manejo das plantas daninhas do cafezal, deve possuir aspectos positivos relacionados à capacidade de estabelecimento, cobertura do solo e produção de biomassa (Severino & Christoffoleti, 2004). Também não deve ser agressiva com a cultura e deve ter adequado sistema de manejo. Diversas espécies com diferenciadas características como, porte, ciclo de vida, hábito de crescimento e produção de biomassa são recomendadas para a prática da adubação verde em consorciação com cafeeiros.

Crotalárias

As crotalárias são destaque na adubação verde com alta capacidade de fixação de N (173 kg/ha) e alta produtividade de fitomassa (9,34 t/ha) (Perin, Teixeira e Guerra, 2004). Esta leguminosa apresenta também alta capacidade de controle de fitonematoides do solo, consistindo em excelente alternativa para manejo desses.

Mucuna-anã

A mucuna anã (*Mucuna deeringiana*) é uma planta anual, herbácea, de crescimento determinado, ciclo vegetativo curto de 90 - 120 dias e altura variando de 0,5 m a 1m. É utilizada como adubo verde nas entre-linhas de cafezais e de outras culturas perenes, com produção de matéria seca da parte aérea de 4 a 6 t/ha. (Wutke, 1993). A semeadura deve ser realizada na estação chuvosa, usando de 10 a 12 sementes por metro linear com espaçamento nas entrelinhas de 40 a 60 cm. Após a emergência deve-se realizar uma capina a fim de evitar a matocompetição nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas. Recomenda-se realizar a roçada quando 50% das plantas apresentarem florescimento, com posterior esparramação da biomassa na linha do cafeeiro.



Mucuna anã como planta de cobertura na entrelinha do cafeeiro. Foto: Ademilson de Oliveira Alecrim.

Amendoim-forrageiro

O Amendoim- forrageiro (*Arachis pintoi*) é uma espécie nativa dos Cerrados do Brasil, adaptada aos solos ácidos e de baixa fertilidade, possui características como alta produção de forragem de boa qualidade e a alta capacidade de fixar nitrogênio (Silva, 2004). Apresenta crescimento rasteiro, hábito estolonífero, prostrado e lança estolões horizontalmente em todas as direções em quantidade significativa, porém apresenta lento estabelecimento. É uma leguminosa de porte baixo, com altura variando entre 30-40 cm, possui raiz pivotante, que pode alcançar 1,60 m de profundidade. (Andrade & Valentim, 1999).

De acordo com Pizarro e Rincón (1994), *A. pintoi* possui duas características que contribuem para o seu sucesso como cultivo de cobertura e proteção do solo: crescer sob sombreamento e a densa camada de estolões enraizados que protegem o solo dos efeitos erosivos das chuvas pesadas. Além disso, a fitomassa de amendoim forrageiro incorporado ou sobre a superfície é capaz de reduzir significativamente as comunidades de plantas daninhas de *Brachiaria decumbens*, *Panicum maximum* e *Bidens pilosa* (Severino & Christoffoleti, 2001).

O estabelecimento desta leguminosa é mais rápido quando o plantio é feito por sementes do que quando são utilizados estolões. Porém, o amendoim forrageiro é frequentemente plantado por meio de material vegetativo, uma vez que algumas cultivares produzem poucas sementes e a colheita destas no solo é muito difícil (Fisher & Cruz, 1994).

O plantio deve ser realizado no início do período chuvoso, em sulcos espaçados de 0,5m ou em covas com espaçamento de 1,0 x 0,5m. Quanto ao estabelecimento via sementes, o gasto é de cerca de 10 a 12 kg/ha de sementes. O espaçamento entre linhas é de 50 a 60 cm e as sementes devem ser colocadas a uma profundidade de 2,0 a 4,0 cm.



Amendoim-forrageiro em início de desenvolvimento como planta de cobertura na entrelinha do cafeeiro. Foto: Ademilson de Oliveira Alecrim.

Feijão de porco

O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.) é uma planta anual de porte ereto, hábito de crescimento determinado com altura de dossel de aproximadamente 0,8m à 1,2m. O crescimento inicial é considerado rápido e o ciclo curto, de 65 – 80 dias. Esta fabácea é cultivada principalmente para adubo verde, como cobertura do solo contra erosão e, devido ao seu rápido crescimento e folhas amplas favorecendo a rápida cobertura de solo. Controla bem o a infestação de plantas daninhas, tanto pela competição por água e luz, como pela liberação de aleloquímicos. Recomenda-se o plantio em linhas ou covas, usando 50kg de sementes por hectare. Quando em linhas, recomenda-se o espaçamento de 40 cm, com cinco a sete sementes por metro linear. No plantio em covas, utiliza-se duas sementes por cova, distanciadas de 40 cm. (Rodrigues et al., 2004; Wultke, 1993).



Biomassa de Feijão-de-porco na linha do cafeeiro. Foto: Ademilson de Oliveira Alecrim.



Feijão-de-porco como planta de cobertura na entrelinha do cafeeiro. Foto: Ademilson de Oliveira Alecrim.

Capim Braquiária

O consórcio entre cafeeiro e braquiárias tem sido cada vez mais utilizado, principalmente pela boa adaptação dessa a diferentes tipos de solo, fácil estabelecimento e expressiva produção de biomassa, possibilitando eficiente cobertura vegetal durante todo o ano. Nesse consórcio, a braquiária é cultivada na entrelinha do cafeeiro, enquanto a linha de plantio é mantida sempre coberta pelos resíduos vegetais provenientes da ceifa na entrelinha.

A utilização da braquiária favorece também o manejo de plantas daninhas no cafeeiro, funcionando como um controle físico e cultural. Além disso, a decomposição dos resíduos orgânicos na projeção da copa do cafeeiro possibilita a ciclagem de nutrientes, melhorando a fertilidade e, conseqüentemente, a nutrição das plantas (Pedrosa et al., 2014).

A condução das lavouras de café com a utilização da braquiária também contribui para maior eficiência do uso da água, visto que a presença dos resíduos vegetais cobrindo o solo possibilita temperaturas mais amenas e menor evaporação de água (Ragassi, Pedrosa e Favarin, 2013). Em lavouras irrigadas esse consórcio pode proporcionar benefícios ainda maiores, favorecendo os atributos físico-hídricos do solo e aumentando a sua capacidade de armazenar água (Rocha et al., 2016).

No entanto, devido à agressividade e resistência da braquiária, deve-se realizar um manejo de forma a evitar a competição com o cafeeiro, principalmente em períodos de seca. Geralmente, a ceifa da braquiária é feita com o uso de roçadoras sempre antes do seu florescimento.



Cobertura do solo com resíduos vegetais de braquiária. Foto: Dalys Toledo Castanheira.

CULTIVO DO CAFEIEIRO EM SISTEMA AGROFLORESTAL

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.), no seu centro de origem e em condições naturais, é encontrado sob sombreamento, o que levou à tendência dos primeiros cultivos a manter o sombreamento simulando o habitat natural da espécie. Contudo à medida que se foi avançando na seleção, o cafeeiro foi sendo adaptado para condições de pleno sol com maiores produtividades. Assim, o cultivo à pleno sol tem sido mais utilizado no mundo, ao mesmo tempo em que as cultivares foram melhoradas geneticamente para apresentar alta produtividade em condições de pleno sol (Damatta, 2004; Gomes et al., 2008; Kanten & Vaast, 2006). Porém, a adaptação do cafeeiro às condições de sombreamento favorece o cultivo em sistemas agroflorestais, prática muito utilizada na maioria dos países produtores da América Latina, tais como Colômbia, Venezuela, Costa Rica, Panamá e México (Damatta, 2004; Moraes et al., 2004; Ricci et al., 2006).

Atualmente, o uso de sistemas de cultivo que favoreçam a conservação dos recursos naturais e a diversidade de produção, representa uma alternativa para os produtores que visam menores custos por área e uma produção sustentável. Dentre esses sistemas de produção destacam-se os sistemas agroflorestais (Oliveira et al., 2004). No Brasil, o café é tradicionalmente cultivado em monocultura, tendo em vista que as cultivares modernas foram geneticamente selecionadas para apresentar alta produtividade à pleno sol (Gomes et al., 2008). No entanto, a utilização do sombreamento é recomendada para lavouras que estão instaladas em áreas marginais, como em baixas altitudes, regiões muito frias ou muito quentes, com seca prolongada ou com ocorrência de ventos fortes, ou seja, condições adversas que possam limitar a exploração bem-sucedida da cultura do café (Damatta et al., 2007). Contudo, nesses ambientes, o nível de sombreamento não deve ser excessivo para não reduzir a produtividade e nem muito baixo para uma proteção eficaz do café contra condições ambientais adversas (Katen & Vaast, 2006).

A retomada do sombreamento em algumas partes do mundo começou nos anos noventa, quando da crise do preço internacional do café, o que forçou os países produtores a desenhar estratégias de recuperação econômica. Uma das propostas foi incentivar a expansão do café sombreado com o objetivo de reduzir a produção e os custos por área (Lyngbaek, Muschler e Sinclair, 2001). Também foram consideradas outras vantagens, como a geração de serviços ambientais e a melhoria das condições socioeconômicas dos agricultores, por meio da produção de cafés especiais, que têm preços diferenciados dos mercados de *commodities*, e também da exploração de outros produtos comerciais (frutas, látex, madeira, lenha entre outros) numa mesma área de cultivo (Jaramillo-Botero, Martinez e Santos, 2006). Os sistemas agroflorestais com cafeeiro têm grande importância como alternativa de produção diante do cenário do aquecimento global, em que se teme um clima mais extremo, com aumentos na temperatura podendo deixar muitas áreas inaptas ao cultivo do café. Dessa forma, o sombreamento das lavouras cafezeiras seria uma alternativa viável a fim de amenizar os efeitos do aquecimento, tornando possível o cultivo de café em áreas marginais.

Em alguns países ainda se encontram cafeeiros sob mata nativa, porém apresentando produtividades muito baixas (Campanha et al., 2004). Porém são encontrados também cafezais formados em condições de sub-bosque, em sistemas agroflorestais implantados com grevilea (*Grevillea robusta* A. Cunn), seringueira (*Hevea brasiliensis* Mull. Arg.), bananeira (*Musa*, sp.), Mogno (*Swietenia macrophylla* King.), entre outras, com maiores produtividades.

Plantas que apresentam plasticidade morfofisiológica são capazes de responder diferencialmente aos níveis de radiação no ambiente por meio de modificações anatômicas, na morfologia externa e na fotossíntese (Pandey & Kushwaha, 2005; Oguchi, Hikosaka e Hirose, 2005; Gomes et al., 2008). De maneira geral, plantas que possuem plasticidade morfofisiológica apresentam aumento nos teores de clorofila, queda na atividade da rubisco, redução na taxa fotossintética líquida e incremento na área foliar específica quando em ambientes com baixa disponibilidade de radiação

(Morais et al., 2004). Modificações anatômicas também podem ser associadas com a adaptação das plantas à baixa radiação como, por exemplo: redução da densidade estomática, menor espessura da folha devido ao menor desenvolvimento dos parênquimas paliádico e esponjoso, além da menor espessura da cutícula (Voltan, Fahl e Carelli, 1992; Moraes et al., 2004; Nascimento et al., 2006; Gomes et al., 2008). No entanto, pouco se sabe sobre os mecanismos associados com a plasticidade morfofisiológica em cafeeiros.

Diante da necessidade de identificar níveis de radiação que favoreçam o desenvolvimento e a produtividade dos cafeeiros em ambiente sombreado, Baliza (2011) avaliou o comportamento de cafeeiros em fase de formação e em fase de produção, sob diferentes níveis de radiação (pleno sol, 35, 50, 65 e 90% de sombra). A autora concluiu que para cafeeiros em fase de formação é recomendando níveis de sombreamento até 30% e para lavouras em produção, até 20% de sombreamento, pois são potencialmente mais eficientes, com maior taxa fotossintética, limbo foliar e parênquima paliádico com maior espessura, maior densidade estomática, além de apresentarem o maior crescimento. Foi observado também que, a cada 10% de aumento no nível de sombreamento, ocorre redução de cerca de 5% na taxa fotossintética e de 10% na incidência de cercosporiose em cafeeiros em formação.

Lima et al. (2010) relatam sobre as modificações que a arborização de cafezais promove nas plantas, como: internódios mais longos; menor número de folhas que, porém, são maiores; redução de desfolhas e manutenção de folhas mais verdes; redução de seca de ponteiros; baixo ataque por bicho minador e ácaros; menor incidência de *Phoma* spp., cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk et Cook) e mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv *garcae*). Os mesmos autores afirmam que o sucesso da arborização de cafezais depende do manejo correto das árvores a serem utilizadas, como sombra, especialmente quanto a escolha da espécie, o espaçamento e as podas. Citam trabalhos utilizando Leucena (*Leucaena* sp.), guandu (*Cajanus cajan* (L. Mill sp) (Fabaceae), porém lembrando que além das dificuldades de mecanização, também se observa aumento da incidência de ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) e da broca do café (*Hypothenemus hampei*).

As espécies mais utilizadas são: grevilea (*Grevillea robusta*), Leucena (*Leucaena* sp.), bracatinga (*Mimosa scabrella*), seringueira (*Hevea brasiliensis*), urucuzeiro (*Bixa orellana*), farinha seca (*Peltophorum vogelianum*), eritrina (*Erythrina* sp.), Acácia (*Acacia* sp.), frutíferas (bananeiras, cajueiros, abacateiros, pupunheiro, coqueiro-anão e mangueiras), lenhosas (*Cordia* sp. , *Inga* sp. , pau-pereira, araucária (Lima et al., 2010).

PLANTIO E CONDUÇÃO DE LAVOURAS DE CAFÉ COM UTILIZAÇÃO DE POLÍMEROS RETENTORES DE ÁGUA



Preparo da solução com polímero retentor de água. Foto: Rubens José Guimarães.



Aplicação da solução com polímero retentor de água na “coveta de plantio”. Foto: Rubens José Guimarães.

Devido a distribuição irregular de chuvas e os grandes períodos de veranico que têm ocorrido nas principais regiões cafeeiras há, atualmente, uma crescente busca por alternativas para aumentar a disponibilidade de água no solo, evitando altos índices de replantio e perdas significativas na produtividade.

Os polímeros retentores de água, também conhecidos por hidro retentores, hidro gel, polímero superabsorvente ou simplesmente gel, são apontados como

produtos capazes de reter a água no solo e de, posteriormente, disponibiliza-la para as plantas por períodos mais longos, se destacando como uma ferramenta para se aumentar a eficiência do uso da água no cafeeiro (Souza et. al., 2016; Marques, Cripa e Martinez, 2013).

Os melhores resultados encontrados na utilização do polímero hidrorretentor no cafeeiro seguem a recomendação de Pieve et al. (2013), que recomendam o preparo da solução na razão de 1,5 kg de polímero em 400 litros de água e aplicação de 1,5 litros dessa solução na “coveta” de plantio. O plantio do cafeeiro com o polímero apresenta custo acessível, e proporciona maior sobrevivência das mudas, no caso de veranicos e, conseqüentemente, diminui os custos na implantação da lavoura.

Os polímeros a base de poliacrilamida (hidro géis) tem possibilitado otimizar de forma sustentável a disponibilidade de água à planta, reduzindo as perdas de água em percolação e lixiviação de nutrientes e a melhora na aeração e drenagem do solo (Lamont & O’connell, 1987), possibilitando desta forma melhor desenvolvimento das plantas. Azevedo (2002), destacou crescimento das raízes das plantas por dentro dos grânulos do polímero hidratado, promovendo maior superfície de contato entre as raízes, água e nutrientes, evidenciando a facilidade que as plantas têm de extrair do polímero a água necessária para sua sobrevivência

Os polímeros são classificados como os “sintéticos” (mais usados), como a propenamida (denominados de poliacrilamida ou PAM), e os “copolímeros”, como a propenamida-propenoato (conhecidos como poliacrilamida-acrilato ou PAA), usados como floculantes em fraldas e outros artigos sanitários, e para depósitos de líquidos químicos. As poliacrilamidas não são degradadas biologicamente, sofrendo uma lenta degradação por ação do cultivo, dos raios ultravioletas do sol e de um contínuo fracionamento, que gira em torno de 10% em solos cultivados continuamente por meio dos implementos agrícolas (Azzam, 1983). A deterioração do polímero é acelerada quando colocado em soluções que contêm sais de Ca, Mg e Fe, mas a deteiorização também pode acontecer em solos adubados anualmente com fertilizantes completos (James & Richards, 1986).

Muitos trabalhos tiveram resultados negativos, como o de Melo et al. (2005), que estudando o uso do polímero hidro absorvente e a frequência de irrigação na produção de mudas de cafeeiros em tubetes, concluíram que a altura das plantas diminui com o aumento das doses do polímero, independente da frequência de irrigação. Também Vale, Carvalho e Paiva (2006), pesquisaram os efeitos do gel e da matéria orgânica sobre o “pegamento” e desenvolvimento inicial de mudas de cafeeiro em campo, não encontraram efeito positivo do polímero hidro retentor. Porém, em todos os tratamentos propostos pelos autores, o polímero foi aplicado seco à cova de plantio do cafeeiro, o que pode ter prejudicado a eficiência de absorção de água do solo pelo polímero.

São também encontrados na literatura, trabalhos com resultados positivos da utilização de polímeros superabsorventes, como o trabalho de Azevedo (2000), que observou efeitos satisfatórios do polímero em mudas de café, aumentando

sua altura, massa seca da parte aérea e área foliar. Também Azevedo et al. (2002) estudando a eficiência do polímero hidro retentor no fornecimento de água para o cafeeiro, apresentaram efeito significativo do polímero nas características estudadas, observando que o uso de polímero tem permitido a reposição de água ao solo, de forma mais espaçada, sem que as plantas apresentem sintomas de stress hídrico, tanto no crescimento como no acúmulo de matéria seca.

PLANTIO E CONDUÇÃO DE LAVOURAS DE CAFÉ COM UTILIZAÇÃO DE FILME PLÁSTICO



Utilização do filme plástico na cafeicultura. Foto: Dalys Toledo Castanheira.

A utilização do filme plástico, ou “mulching”, na implantação da lavoura de café vem se destacando como uma alternativa para o manejo de plantas daninhas, visto que nessa fase, o cafeeiro ainda não se encontra bem desenvolvido, o que faz com que as plantas infestantes sejam mais agressivas em relação à competição por fatores abióticos (Ronchi & Silva, 2006). Segundo recomendação dos fabricantes, o filme plástico deve ser colocado por ocasião do plantio e permanecer na lavoura até o segundo/terceiro anos seguintes. Esse produto é encontrado no mercado em diferentes tipos e cores, sendo os mais comuns na cor preta, dupla-face branco e preto, e dupla face prata e preto.

O filme plástico para a cobertura do solo é fabricado à base de polietileno e de aditivos especiais, podendo neutralizar a radiação ultravioleta, além de manter a

umidade e temperatura do solo, reduzir o consumo de água e energia em lavouras irrigadas e diminuir os custos no controle de plantas daninhas. Além disso, a lavoura conduzida com o filme plástico apresenta maior crescimento vegetativo das plantas e pode, consequentemente, interferir na severidade de doenças do cafeeiro (Luz, 2017).

A técnica pode ser adotada tanto em lavouras de sequeiro quanto em lavouras irrigadas (irrigação localizada), porém nas de sequeiro alguns tratos culturais, como a adubação, podem ser dificultados.

CONDUÇÃO DE LAVOURAS COM UTILIZAÇÃO DE PERICARPO DE FRUTOS DE CAFÉ (“CASCA DE CAFÉ”)



Utilização da “casca de café” na cafeicultura. Foto: Dalyse Toledo Castanheira.

O pericarpo dos frutos de café, também conhecido como casca ou palha de café, é um importante subproduto oriundo do beneficiamento do café, produzido em

grande volume nas próprias fazendas cafeeiras. A utilização desse subproduto no cafeeiro tem funcionado como um importante condicionador de solo, aumentando a fertilidade, diminuindo a evaporação da água e protegendo o solo contra a erosão. Há também uma melhoria das características físico-químicas e biológicas do solo, bem como, devido a fração orgânica contida na casca, uma disponibilização gradual de nutrientes para as plantas (Fernandes et al., 2013). Além disso, a casca de café aplicada em superfície proporciona a cobertura do solo que pode, ainda, facilitar o manejo de plantas daninhas, seja pela capacidade alelopática ou por barreira física (Santos et al., 2002).

Nas lavouras, a casca é aplicada na projeção da copa do cafeeiro, em cobertura, de 5 a 10 litros por planta (Guimarães et al., 1999). É importante sempre realizar a análise química do solo com o objetivo de monitorar a fertilidade do cafeeiro, visto que a casca de café é considerada como um adubo orgânico rico especialmente em potássio e, se usada de forma equivocada, pode causar desequilíbrios nutricionais.

CONSIDERAÇÕES SOBRE DOENÇAS NA CAFEICULTURA

Nas plantas, assim como nos seres humanos, a ação de patógenos pode ser mascarada e até confundida em função de outras causas que ocorrem simultaneamente. Na maioria das vezes, os problemas têm mais de uma causa que atuam simultaneamente, confundindo e prejudicando o correto diagnóstico. Entre essas causas que levam o cafeeiro a apresentar sintomas e sinais que podem confundir os profissionais da agronomia e os cafeicultores no diagnóstico do ataque de pragas e doenças estão as desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas (Guimarães, Mendes e Baliza, 2010). Assim, pretende-se aqui abordar os fatores predisponentes e as interferências de doenças na cafeicultura, abordando principalmente as opções de manejo, buscando-se a produção sustentável.

DESCRIÇÃO DE ALGUMAS DOENÇAS DE MAIOR OCORRÊNCIA NO CAFEIEIRO

Pozza, Carvalho e Chalfoun (2010) descrevem algumas doenças de maior ocorrência no cafeeiro com o cuidado de se analisar também as condições de ambiente e de manejo que as favorece.

“Tombamento das plantas ou rizoctoniose” (*Rhizoctonia solani*)

A doença conhecida como “tombamento das plantas ou rizoctoniose” ou ainda “damping-off” é provocada pelo fungo *Rhizoctonia solani*, que sobrevive no

solo por longos períodos e em restos de culturas. Ocorre principalmente em mudas na fase de viveiro e em “reboleiras” em virtude da utilização de solos contaminados com o fungo. Os sintomas são lesões de cor marrom a negra que circundam o caule das mudas, próximo ao solo, culminando com a murcha e a morte das plantas.

Para a prevenção da doença ou mesmo como medida de contenção em viveiros, deve-se: a) utilizar solo sem contaminação; b) usar água isenta do patógeno; c) não reaproveitar sacolinhas e substratos de outras mudas; d) mudar viveiros de local, periodicamente; e) evitar excesso de umidade e sombra nos viveiros; f) eliminar as reboleiras e plantas que as circundam; g) seleção rigorosa, eliminando-se mudas com sintomas visíveis. O controle químico pode ser feito preventivamente com o tratamento das sementes ou do substrato já nos saquinhos (canteiros), ou mesmo em pulverizações dirigidas ao colo das mudas no viveiro.

Cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk et Cook.)

A Cercosporiose, causada por *Cercospora coffeicola* Berk et Cook., ocorre em mudas na fase de viveiro e em lavouras em formação e em produção, com sintomas de manchas circulares de coloração castanho, com o centro acinzentado, quase sempre envolvidas por um halo amarelado. Já nos frutos a doença causa manchas necróticas e deprimidas, de cor marrom a negra, estendendo-se no sentido dos polos do fruto. Pode causar: a) queda de folhas e raquitismo das mudas; b) queda de frutos e seca de ramos produtivos.

Pode ser evitada e controlada com manejo adequado das plantas, protegendo as mudas de ventos frios, utilizando substrato com a mistura recomendada, mantendo controle da irrigação e luminosidade nos viveiros. No campo pode-se evitar o plantio em solos arenosos, pobres, compactados ou adensados; manter nutrição suficiente e equilibrada com as adubações; fazer o controle com fungicidas; e manejar corretamente a lavoura evitando-se danos ou má formação do sistema radicular das plantas que indiretamente afetarão a nutrição das plantas e conseqüentemente o favorecimento à cercosporiose. O controle químico deverá ser realizado quando as medidas preventivas e o controle cultural (adubação, quebra-ventos, etc.) não forem suficientes para reduzir a intensidade da doença.

Ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.)

A doença conhecida como ferrugem do cafeeiro, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., pode causar intensa desfolha afetando a produtividade das lavouras. Os sintomas são manchas circulares de cor alaranjada na face inferior (abaxial) das folhas, que apresentam uma massa pulverulenta de uredosporos e em estágio mais avançado, algumas partes do tecido foliar são destruídas e necrosadas.

Quanto maior for o inóculo residual para o próximo ciclo da ferrugem e quanto maior a carga pendente, maior será a intensidade da doença, sendo que nas lavouras plantadas com menores espaçamentos, o microclima de maior umidade favorece ao progresso da ferrugem do cafeeiro.

Pode-se fazer adubações equilibradas, utilizar cultivares tolerantes e manejar as plantas para que estejam em ambiente arejado, retirando-se o excesso de brotos para o arejamento da lavoura. Em regiões mais úmidas, utilizar espaçamentos mais largos evitando-se o sombreamento e maior umidade relativa do ar. O controle químico da ferrugem do cafeeiro pode ser feito por meio do uso de fungicidas protetores, sistêmicos de solo ou ainda sistêmicos foliares.

Mancha-aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*)

Essa bacteriose ocorre tanto em mudas no viveiro, como em plantas adultas. Nas lavouras adultas, ocorre com maior intensidade em locais altos e desprotegidos de ventos que causam ferimentos nas folhas e ramos novos, abrindo portas para a penetração da bactéria. Também a ocorrência de chuvas de granizo e o frio intenso podem provocar lesões nas plantas, o que também facilita a entrada da bactéria, que tem sua ocorrência favorecida em condições de alta temperatura, alta umidade relativa e alta precipitação.

Os sintomas são manchas pardas, circundadas por halo amarelo, sendo que as áreas lesionadas, quando nas bordas das folhas, normalmente desprendem-se do limbo dando um aspecto rendilhado. O controle da bactéria é feito por meio de antibióticos em mistura com cúpricos (bacteriostáticos), aumentando a eficiência de controle. Deve-se proteger os viveiros e as lavouras de ventos frios e fortes e utilizar antibióticos somente se confirmada a presença da bactéria.

Crestamento bacteriano (*Pseudomonas cichorii*)

Sintomas com áreas necrosadas escuras e irregulares, com tecido ao redor com aspecto de encharcamento, sendo que as folhas mais velhas são mais suscetíveis à bactéria. Maior incidência é observada em períodos quentes e chuvosos em mudas (viveiro). O excesso de água via irrigação favorece a doença que penetra normalmente em lesões causadas por fungos (*Cercospora* e *Phoma*), por bicho minador ou qualquer dano físico. De modo geral, recomenda-se: evitar o excesso de umidade e de irrigação no viveiro; proteger as mudas contra ação de ventos que possam causar ferimentos nas folhas; e controlar a cercosporiose, a mancha de *Phoma* e o ataque por bicho minador.

Mancha-de-phoma (*Phoma* spp.)

Causa desfolha, queda de botões florais e frutos, seca de ramos e, consequentemente, perdas na produtividade. Nas folhas aparecem manchas circulares escuras, podendo apresentar halos concêntricos. A doença tem maior incidência em lavouras expostas a ventos fortes e frios, com as faces voltadas para o sul, sudeste e leste, sendo que a penetração do fungo é facilitada por danos mecânicos nas plantas (insetos, atrito de folhas pelo vento e até mesmo as operações de colheita).

Deve-se evitar áreas sujeitas a ventos frios para o estabelecimento de lavouras, e implantar quebra-ventos provisórios e/ou definitivos; fazer adubações equilibradas e o controle preventivo com fungicidas (nas fases pré e pós-florada) em períodos favoráveis à doença;

Fitonematóides do cafeeiro

Sintomas de queda de folhas, seca de ramos, amarelecimento, podendo levar a planta à morte. Nas raízes, presença de galhas, engrossamentos, rachaduras e escamações, dependendo da espécie e densidade populacional do fitonematóide e da suscetibilidade da cultivar de café. Feita a constatação dos sintomas, deve-se evitar a sua disseminação para os demais talhões da lavoura a fim de se evitar maiores prejuízos. Deve-se evitar plantio em áreas infestadas; utilizar mudas isentas de nematóides; fazer o desvio de enxurradas; limpeza de máquinas e implementos após o uso em áreas infestadas. O controle químico pode reduzir a população de fitonematóides, mas deve-se aliar a outras técnicas como: a rotação de culturas, o alqueive e revolvimento do solo, a destruição de plantas atacadas, a adição de matéria orgânica e utilização de adubação verde, e a utilização de cultivares resistentes ou de mudas enxertadas em porta enxertos resistentes (Salgado & Campos, 2010).

Outras doenças

Outras doenças que ocorrem na cafeicultura são: antracnose e mancha manteigosa (*Colletotrichum gloeosporioides*); roseliniose ou mal dos quatro anos (*Rosellinia* sp.); requeima das folhas, atrofia dos ramos ou amarelinho do cafeeiro (*Xylella fastidiosa*).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ambrosano, E. J.; Guiraldo, N.; Cantarella, H.; Rossetto, R.; Mendes, P. C. D.; Rossi, F.; Ambrosano, G. M. B.; Arevalo, R. A.; Schammas, E. A.; Junior, I. A.; Foltran, D. E. (2005)

Plantas para cobertura do solo e adubação verde aplicadas ao plantio direto. Piracicaba, KP Potafos. 16p. (Encarte informações agronômicas no 112).

Andrade, C. M. S.; Valentim, J. F. (1999) Adaptação, produtividade e persistência de *Arachis pintoi* submetido a diferentes níveis de sombreamento. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 439-445.

Azevedo, T. L. F. (2000) Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliácrlamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Cv. Tupi. 2000. 38 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

Azevedo, T. L. F. et al. (2002) Níveis de polímero superabsorvente, frequências de irrigação e crescimento de mudas de café. Acta Scientiarum, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1239-1243.

AZZAM, R. A. I. (1983) Polymeric conditioner gels for desert soils. Communication in Soil Science Plant, Philadelphia, v. 14, p. 739-760.

Baliza, D. P. (2011) Cafeeiros em formação e produção em diferentes níveis de radiação: características morfológicas. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, 97p.

Baliza, D. P.; Cunha, R. L.; Castro, E. M.; Barbosa, J. P. R. A. D.; Pires, M. F.; Gomes, R. A. (2012) Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. Coffee Science, v.7, n.3, p.250-258.

Batista, L. A.; Guimarães, R. J.; Pereira, F. J.; Carvalho, G. R.; Castro, E. M. (2010) Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v.41, n. 3, p. 475-481.

Begazo, J. C. E. O.; Oliveira, J. A. de. (1979) Culturas intercalares em cafezal. Viçosa: UFV. 12p. Boletim Técnico.

Bonomo, R.; Oliveira, L. F. C.; Silveira Neto, A. N.; Bonomo, P. (2008) Produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 38, n. 4, p.233-240.

Borém, F. M. (Org.) (2014) Handbook of coffee post-harvest technology. 1. ed. Norcross, Georgia: Gin Press, v. 1. 282p.

Botelho, C. E.; Resende, J. C.; Carvalho, G. R.; Guimarães, P. T. G.; Alvarenga, A. P.; Ribeiro, M. F. (2010) Preparo do solo e plantio: instalação do cafezal. In: Café arábica: do plantio a colheita. In: Reis, P. R. e Cunha, R. L. (Ed.) Lavras: U. R. EPAMIG SM. v.1; p. 283-341.

Campanha, M. M.; Santos, R. H. S.; Freitas, G. B.; Martinez, E. P.; Garcia, S.; Finger, F. L. (2004) Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil. Agroforestry Systems, Dordrecht, v. 63, p. 75-82.

Cancellier, E. (2013) Eficiência da ureia estabilizada e de liberação controlada no milho cultivado em solo de fertilidade construída. 2013. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - UFLA, Lavras.

Carvalho, C. H. M.; Colombo, A.; Scalco, M. S.; Moraes, A. R. (2006) Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 30, n.2, p.243-250.

Cunha, R. L. Da; Alvarenga, M. I. N. (2003) Desenvolvimento e produtividade do cafeeiro orgânico. In: Simpósio De Pesquisa Dos Cafés Do Brasil, 3., 2003, Porto Seguro. Resumos...

Brasília: Embrapa Café p. 406-407.

Damatta, F. M. (2004) Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. *Field Crops Research*, Phoenix, v. 86, n. 2-3, p. 99-114.

Damatta, F. M.; Ronchi, C. P.; Maestri, M.; Barros, R. S. (2007) Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, Londrina, v. 19, n. 4, p. 485-510.

Dedecca, D. M. (1957) Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. Tipica Cramer. *Bragantia*, 23:31-365.

Dominghetti, A. W.; De Jesus Souza, A. J.; De Oliveira Silveira, H. R.; Do Vale Sant'ana, J. A.; De Souza, K. R. D.; Guimarães, R. J.; Lacerda, J. R. (2016) Tolerância ao déficit hídrico por cafeeiros produzidos por estaquia e embriogênese somática. *Coffee Science*, v. 11, n. 1, p. 117-126.

Faria, R. T.; Siqueira, R. (2005) Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. *Bragantia*, Campinas, v.64, n.4, p.583-590.

Fernandes, A.L.T.; Santinato, F.; Ferreira, R.T.; Santinato, R. (2013) Redução da adubação mineral do cafeeiro arábica com a utilização de palha de café. *Coffee Science*, Lavras, v.8, n.3, p.324-336.

Ferreira, D. F. (2011) Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042.

Fisher, M.J.; Cruz, P. (1994) Some ecophysiological aspects of *Arachis pintoi*. In: Kerridge, P.C.; Hardy, B. (Eds.). *Biology and agronomy of forage Arachis*. Cali, Colombia: CIAT. p.53-70.

Gomes, I. A. C.; Castro, E. M.; Soares, A. M.; Alves, J. D.; Alvarenga, M. I. N.; Alves, E.; Barbosa, J. P. R. A. D.; Fries, D. D. (2008) Alterações morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv. "Oeiras" sob influência do sombreamento por *Acacia mangium* Willd. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 109-115.

Grisi, F. A.; Alves, J. D.; Castro, E. M.; Oliveira, C.; Biagiotti, G.; Melo, L. A. (2008) Avaliações anatômicas foliares em mudas de café 'Catuai' e 'Siriema' submetidas ao estresse hídrico. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1730-1736.

Guelfi, D. (2017) Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. *Informações Agrônomicas*. Piracicaba, n. 157.

Guerreiro Filho, O.; Mendes, A. N. G.; Carvalho, G. R.; Silvarolla, M. B.; Botelho, C. E.; Fazuoli, L. C. (2008) Origem e classificação botânica do cafeeiro. In: Carvalho, C. H. S. *Cultivares de café: origem, características e recomendações*. Brasília: Embrapa Café. p.27-34.

Guimarães, P. T. G. et al.; Cafeeiro. In: Ribeiro A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez-Venegas, V. H. (1999) *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa, MG: CFSEMG. p. 289-302.

Guimarães, R. J.; Mendes, A. N. G.; Baliza, D. P. (2010) Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas. 215 p. UFLA, Lavras.

Guimarães, R. J.; Mendes, A. N. G.; Souza, C. A. S. (2002a) Culturas intercalares. In: Guimarães, R.J.; Mendes, A. N. G. e Souza, C. A. S. *Cafeicultura*. Lavras, MG: UFLA/FAEPE. p.247-257.

- Guimarães, R. J.; Mendes, A. N. G.; Souza, C. A. S. (2002b) Manejo de plantas daninhas. In: Guimarães, R.J.; Mendes, A. N. G.; e Souza, C. A. S. Cafeicultura. Lavras, MG: UFLA/FAEPE. p.235-246.
- Guimarães, R. J.; Mendes, A. N. G.; Souza, C. A. S. (2002c) Produção de mudas de cafeeiro por sementes (saquinhos e tubetes), estacas, enxertia e cultura de tecidos. Legislação e aspectos práticos. In: Guimarães, R. J.; Mendes, A. N. G.; e Souza, C. A. S. Cafeicultura. Lavras, MG: UFLA/FAEPE. p.139-159.
- Guimarães, R. J.; Mendes, A. N. G.; Souza, C. A. S. (2002d) Solo e clima para o cafeeiro. In: Guimarães, R. J.; Mendes, A. N. G.; e Souza, C. A. S. Cafeicultura. Lavras, MG: UFLA/FAEPE. p.124-138.
- James, E. A.; Richards, D. (1986) The influence of iron source on the water-holding properties of potting media amended with water-absorbing polymers. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 28, p. 201-208.
- Jaramillo-Botero, C.; Martinez, H. E. P.; Santos, R. H. S. (2006) Características do café (*Coffea arabica* L.) sombreado no norte da América latina e no Brasil: análise comparativa. *Coffee Science*, Lavras, v. 1, n. 2, p. 94-102.
- Kanten, R. V.; Vaast, P. (2006) Transpiration of arabica coffee and associated shade tree species in sub-optimal, low-altitude conditions of Costa Rica. *Agroforestry Systems*, Amsterdam, v. 67, n. 2, p. 187-202.
- Lamont, G. P.; O'conne, M. A. (1987) Shelf-life of bedding plants as influenced by potting media and hydrogels. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 31, p. 141-149.
- Lima, P. C.; Moura, W. M.; Volpato, M. M. L.; Reigato, F. R. Santos, J. (2010) Arborização de cafezais no Brasil. In: In: Café arábica: do plantio a colheita. In: REIS, P. R. e CUNHA, R. L. (Ed.). Lavras: U. R. EPAMIG SM. v.1; p. 861-895.
- Livramento, D. E. (2010) Morfologia e fisiologia do cafeeiro. In: REIS, P. R. e CUNHA, R. L. (Ed.). Lavras: U. R. EPAMIG SM. v.1; p. 89-161.
- Luz, A. L. F. (2017). Fertilizantes, coberturas e condicionadores de solo no controle da cercosporiose do cafeeiro. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - UFLA, Lavras, 2017.
- Lyngbaek, A. E.; Muschler, R. G.; Sinclair, F. L. (2001) Productivity and profitability of multistrata organic versus conventional coffee farms in Costa Rica. *Agroforestry Systems*, Amsterdam, v. 53, n. 22, p. 205-213.
- Marques, P.A.A.; Cripa, M.A.M.; Martinez, E.H. (2013) Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 1-7.
- Melo, B. de et al. (2005) Uso do polímero hidroabsorvente terracottem e da frequência de irrigação na produção de mudas de cafeeiros em tubetes. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v. 52, n. 299, p. 13-22.
- Morais, H.; Medri, M. E.; Marur, C. J.; Caramori, P. H.; Ribeiro, A. M. A. De; Gomes, J. C. (2004) Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 863-871.

- Moreira, R. C.; Furlani Junior, E.; Hernandez, F. B. T.; Furlani, R. C. M. (2004) Espaçamentos para cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com e sem o emprego de irrigação. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 26, n.1, p.73-78.
- Nascimento, E. A. do; Oliveira, L. E. M. de; Castro, E. M. de; Delú Filho, N.; Mesquita, A. C.; Vieira, C. V. (2006) Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 852-857.
- Nazareno, R. B.; Oliveira, C. A. S.; Sanzonowicz, C.; Sampaio, J. B. R.; Silva, J. C. P.; Guerra, A. F. (2003) Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n.8, p.903-910.
- Oguchi, R.; Hikosaka, K.; Hirose, T. (2005) Leaf anatomy as a constraint for photosynthetic acclimation: differential responses in leaf anatomy to increasing growth irradiance among three deciduous trees. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v. 28, n. 7, p. 916-927.
- Oliveira, C. R. M.; Soares, A. M.; Oliveira, L. E. M.; Castro, E. M.; Barbosa, J. P. R. A. D. (2004) Crescimento e características anatômicas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) em diferentes sistemas de cultivo: monocultivo e consórcio. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 28, n. 2, p. 350-357.
- Pandey, S.; Kushwaha, R. (2005) Leaf anatomy and photosynthetic acclimation in *Valeria jatamansi* L. grown under high and low irradiance. *Photosynthetica*, Praga, v. 43, n. 1, p. 85-90.
- Pedrosa, A. W.; Favarin, J. L.; Vasconcelos, A. L. S.; Carvalho, B. V.; Oliveira, F. B.; Neves, G. B. (2014) Resíduo de brachiaria fertilizada com nitrogênio na adubação do cafeeiro. *Coffee Science*, Lavras, v. 9, n. 3, p.366-373.
- Perin, A.; Teixeira, M. G.; Guerra, J. G. M. (2004) Desempenho de algumas leguminosas com potencial para utilização como cobertura viva permanente do solo. *Agronomia, Seropédica*, v. 34, n. 1/2, p. 38-43.
- Pieve, L. M.; Guimarães, R. J.; Assis, G. A.; Amato, G. A. S.; Corrêa, J. M. (2013) Uso de polímero hidrorretentor na implantação de cafeeiros. *Coffee Science*, Lavras, v. 8, n. 3, p. 314-323.
- Pizarro, E. A., Rincón, A. (1994) Regional experience with forage *Arachis* in South America. In: KERRIDGE, P. C., HARDY, B. (eds.). *Biology and Agronomy of Forage Arachis*. Cali, CIAT, Chapter 13, p.144-157.
- Pozza, E. A.; Carvalho, V. L.; Chalfoun, S. M. (2010) Sintomas de Injúrias Causadas por Doenças em Cafeeiro. In: Guimarães, R. J.; Mendes, A. N. G.; Baliza, D. P. *Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas*. p.67-106. UFLA, Lavras.
- Ragassi, C. F.; Pedrosa, A; W.; Favarin, J. J. (2013) Aspectos positivos e riscos no consórcio cafeeiro e braquiária. *Visão Agrícola*, Piracicaba, n. 12.
- Ramiro, D. A.; Guerreiro-Filho, O.; Queiroz-Voltan, R. B.; Matthiesen, S. C. (2004) Caracterização anatômica de folhas de cafeeiros resistentes e suscetíveis ao bicho-mineiro. *Bragantia*, Campinas, v. 63, n. 3, p.363-372.

- Reis, P. R. E Cunha, R. L. (Ed.). (2010) Café arábica: do plantio à colheita. Lavras: U. R. EPAMIG SM. v.1; 895p.
- Rena, A. B.; Maestri, M. R. (1986) Fisiologia do cafeeiro. In: Rena, A. B.; Malavolta, E.; Rocha, M.; Yamada, T.; (Eds.) Cultura do cafeeiro, fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa e Potassa Fósforo. P.13-85.
- Rezende, F. C., Arantes, K. R.; Oliveira, S. R., Faria, M. A. de. (2010) Cafeeiro recepado e irrigado em diferentes épocas: produtividade e qualidade. Coffee Science, Lavras, v. 5, n.3, p. 229-236.
- Ricci, M. S. F.; Costa, J. R.; Pinto, A. N.; Santos, V. L. S. (2006) Cultivo orgânico de cultivares de café a pleno sol e sombreado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 41, n. 4, p. 569-575.
- Rocha, O. C.; Ramos, M. L. G.; Veiga, A. D.; Guerra, A. F.; Bartholo, G. F.; Rodrigues, G. C.; Silva, J. E. D. (2016). Chemical and hydrophysical attributes of an Oxisol under coffee intercropped with brachiaria in the Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 9, p. 1476-1483, Brasília.
- Rodrigues, J. E. L. et al. (2004) A importância do feijão de porco (*Canavalia enciformis* DC.) como cultura intercalar em rotação com milho e feijão caupi em cultivo de coqueirais no município de ponte-de-pedras/ Marajó-PA, EMBRAPA: núcleo de apoio a Pesquisa e Transferência de tecnologia do Marajó, Belém-PA.
- Ronchi, C. P.; Silva, A. A. (2006) Effects of weed species competition on the growth of young coffee plants. Planta Daninha, v. 24, n. 2, p. 415-423.
- Rotondano, A. K. F.; Teodoro, R. E. F.; Melo, B.; Severino, G. M. (2005) Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes lâminas de irrigação. Bioscience Journal, Uberlândia, v.21, n.1, p.65-75.
- Salgado, S. M. L.; Campos, V. P. (2010) Sintomas do Parasitismo de Fitonematóides em Cafeeiro In: Guimarães, R. J.; Mendes, A. N. G.; Baliza, D. P. Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas. p.143-168. UFLA, Lavras.
- Santinato, R.; Fernandes, A. L. T.; Fernandes, D. R. (2008) Irrigação na cultura do café. 2a Ed. Uberaba: Editora O Lutaador, 476p. ISBN: 978-85-902738-3-7.
- Santos, J. C. F.; Souza, I. D.; Mendes, A. N. G.; Moraes, A. D.; Conceição, H. D.; Marinho, J. T. S. (2002) Efeito de extratos de cascas de café e de arroz na emergência e no crescimento do caruru-de-mancha. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n. 6, p. 783-790.
- Serra, E. L.; Scalco, M. S.; Guimarães, R. J.; Colombo, A.; Moraes, A. R.; Carvalho, C. H. M. (2013) Funções de produção do cafeeiro irrigado em diferentes densidades de plantio. Coffee Science, Lavras, v. 8, n. 2, p. 157-165.
- Severino, F. J.; Christoffoleti, P. J. (2004) Supressão de plantas daninhas por adubos verdes e herbicidas seletivos. Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 21-26.
- Severino, F.J.; Christoffoleti, P.J. (2001) Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. Planta Daninha, v.19, n.2, p.223-228.
- Shaviv, A.; Raban, S.; Zaidel, E. (2003) Modeling controlled nutrient release from polymer coated fertilizers: diffusion release from single granules. Environmental Science & Technology, Washington, v. 37, n. 10, p. 2251-2256.

- Silva E. M.; Rezende, J. C.; Nogueira, A. M.; Carvalho, G. R. (2010) Produção de mudas de cafeeiro. In: Reis, P. R.; Cunha, R. L. (ed). Lavras: U.R. EPAMIG SM. v.1. p.223-282.
- Silva, C.A.; Teodoro, R. E. F.; Melo, B. (2008) Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.43, n.3, p.387-394.
- Silva, F. M.; Carvalho, G. R.; Salvador, N. (1997) Mecanização da colheita do café. Informe Agropecuário, EPAMIG, v.18, n. 187, p.43-54.
- Silva, L. M.; Alquini, Y.; Cavallet, V. J. (2005) Inter-relações entre anatomia vegetal e produção vegetal. Acta botânica brasílica. v.19, n. 1, p.183-194.
- Silva, M. P. (2004) Amendoim forrageiro – *Arachis pintoi*. Fauna e Flora do Cerrado, Campo Grande. Disponível em: <<http://cloud.cnpgc.embrapa.br/faunaeflora/plantas-forrageiras/amendoim-forrageiro-arachis-pintoi-krapov-w-c-gregory>>. Acesso em: agosto 2017.
- Souza, A. J. D. J.; Guimarães, R. J.; Colombo, A.; Sant'ana, J. A. D. V.; Castanheira, D. T. (2016) Quantitative analysis of growth in coffee plants cultivated with a water-retaining polymer in an irrigated system1. Revista Ciência Agronômica, v. 47, n. 1, p. 162-171.
- Taques, R. C. & Dadalto G. G. (2007) Zoneamento agroclimático para a cultura do café Conilon no estado do Espírito Santo. In: Ferrão, R. G. (coord./editor); Fonseca, A. F. A.; Bragança, S. M.; Ferrão, M. A. G; De Muner, L. H.; (Org.). Café Conilon. 1ªed. Vitória, ES: Incaper, v. 1. p. 51-63.
- Timilsena, Y. P. et al. (2015) Enhanced efficiency fertilisers: a review of formulation and nutrient release patterns. Journal of the Science and Food Agriculture, v. 95, n. 6, p. 1131-1142.
- Vale, G. F.; Carvalho, S. P.; Paiva, L. C. (2006) Avaliação da eficiência de polímero hidro retentor no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio. Coffee Science, Lavras, v. 1, n. 1, p. 7-13.
- Vicente, M. R.; Mantovani, E. C.; Fernandes, A. L. T.; Vieira, G. H. S.; Sedyama, G. C.; Figueiredo, E. M. (2011) Análise técnica dos sistemas de irrigação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) na região oeste da Bahia. Coffee Science, Lavras, v. 6, n. 2, p. 147-158.
- Vilella, W. M. C.; Faria, M. A.; Silva, M. L. O.; Silva, A. L.; Oliveira, L. A. M.; Costa, H. S. C.; Silva, E. L.; Guimarães, R. J.; Guimarães, P. T. G. (2001) Qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidos sob diferentes lâminas de irrigação e parcelamentos de adubação. In: Simpósio De Pesquisa Dos Cafés Do Brasil, 2, 2001, Vitória, ES. Resumos Expandidos... Brasília, D.F.: Embrapa Café. 181p.
- Voltan, R. B. Q.; Fahl, J. I.; Carelli, M. L. C. (1992) Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, Londrina, v. 4, n. 2, p. 99-105.
- Wang, J.; Hesketh, J.D.; Woolley, J.T. (1986) Preexisting channels and soybean rooting patterns. Soil Science, v.141, p.432-437.
- Wutke, E. B. (1993) Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: Wutke, E. B.; Bulisani, E. A.; Mascarenhas, H. A. A. (Coords.) Curso Sobre Adubação Verde No Instituto Agronômico, 1. 1993, Campinas: Instituto Agronômico. p.17-29. (Documentos IAC, 35).

AGRADECIMENTOS



Manejo de fitonematoides no sistema de plantio direto

Eduardo Souza Freire¹

Luma Alais Pedroso²

Willian César Terra²

Júlio Carlos Pereira da Silva²

Indiamara Marasca¹

Vicente Paulo Campos²

Introdução

No âmbito de produzir alimentos para uma população crescente, a agricultura tem se modernizado para atender a demanda do mercado interno e externo. Nessa rotina, diferentes manejos e sistemas de produção são adotados conforme a necessidade de cada região brasileira. Para isso os manejos adotados envolvem atributos físicos, químicos e biológicos. Os diversos métodos usados envolvem custos financeiros e ambientais resultando em desordem na microbiota do solo e em todo o sistema de produção. Por exemplo, o sistema de produção muito utilizado atualmente é o plantio direto (PD). Nas décadas de 1980 e 1990, a introdução e adaptação desse sistema teve nas condições do cerrado brasileiro a agregação das mais relevantes transformações tecnológicas da agricultura brasileira. O PD se baseia na palhada como cobertura do solo, não revolvimento do solo, uso de rotação de culturas, uso de semeadoras específicas e aplicação de herbicidas no controle de plantas invasoras. Dentre as vantagens proporcionadas pelo emprego do PD, pode-se citar a reversão ou amenização de grandes problemas que o plantio convencional gerava, como perda de fertilidade natural do solo, assoreamento de rios e deficiência hídrica durante o veranico (INOMOTO et al., 2007). No entanto, o PD, por vezes, depara-se com o entrave de doenças em plantas provocadas por patógenos de solo,

¹Universidade de Rio Verde

²Universidade Federal de Lavras

entre eles os fitonematoides. Presente em boa parte das regiões e áreas agrícolas, se faz necessário buscar formas de controle destes patógenos, em áreas de PD e obviamente respeitando sempre os princípios que regem o PD. Melhorar o controle de fitonematoides em áreas infestadas e submetidas ao PD é o desafio que o produtor enfrenta.

Utilização de plantas não hospedeiras para o manejo de nematoides em área de plantio direto

No sistema de plantio direto, a rotação, a sucessão e as culturas de cobertura, podem ser utilizadas de forma eficaz na redução do nível populacional dos nematoides no solo. Contudo, é importante que o produtor esteja ciente que estas táticas de manejo não devem ser utilizadas de forma isolada. Ademais, a inclusão de culturas não hospedeiras não vai ocasionar eliminação do nematoide, mas sim a redução populacional no solo.

A eficiência da utilização de plantas visando o manejo de nematoide no solo está ligada à escolha das culturas para rotação. No planejamento para a escolha das culturas a serem incluídas no sistema, três variáveis devem ser observadas, sendo elas: *i*) espécie ou espécies de fitonematoides presentes na área; *ii*) densidade populacional do fitonematoide; *iii*) suscetibilidade das espécies/cultivares/híbridos aos nematoides. Assim, o manejo de nematoides no PD se inicia com o conhecimento da espécie de nematoide que ocorre no local e de seu efeito sobre a cultura principal (Inomoto & Asmus, 2009).

No presente capítulo, as sugestões das culturas para rotação, sucessão e cobertura serão abordadas de acordo com o nematoide presente na área.

***Rotylenchulus reniformis*:** parasita diversas espécies de plantas, dentre elas, algodão, soja e feijão. No Brasil, as perdas ocasionadas por esse nematoide habitualmente foram relacionadas ao algodão; nos últimos anos esse nematoide tem se tornando um crescente problema para o cultivo da soja (Leandro & Asmus, 2012). Várias culturas não são hospedeiras de *R. reniformis* e podem ser utilizadas em rotação e sucessão, com destaque para: milho, sorgo, braquiárias, milheto, girassol, sorgo gramíneo, aveia branca, aveia preta, arroz, amendoim, *Crotalaria juncea*, *C. spectabilis*, *C. breviflora*, cravo de defunto e nabo forrageiro (Inomoto & Asmus, 2009).

Em áreas infestadas com *R. reniformis* o cultivo em sequência de algodoeiro e soja pode permitir o aumento populacional do nematoide no solo a níveis que limitem a produção econômica de ambas as culturas. Asmus & Richetti, (2010), em um estudo de campo por três anos, em área com alta infestação com *R. reniformis* (949 nematoides/200 cc de solo), concluíram que: *i*) a rotação anual ou bianual de algodoeiro com milho, capim-braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) ou soja resistente,

constitui-se em importante estratégia de manejo, permitindo a redução da densidade populacional do nematoide no solo e o aumento da produtividade de algodoeiro cultivado após as rotações; ii) sistemas de rotação de culturas envolvendo milho, *B. ruziziensis* e soja resistente apresentam vantagens econômicas sobre o monocultivo de algodoeiro em áreas infestadas pelo nematoide reniforme. Os autores ressaltam que o aumento da densidade populacional do nematoide durante o cultivo do algodoeiro plantado após a rotação, evidencia a necessidade de que a rotação passe a fazer parte, ao longo do tempo, do manejo das áreas com alta infestação, de forma a permitir a estabilidade da produção de algodão. Vale destacar que o cultivo de algodoeiro em área submetida à rotação bianual com *B. ruziziensis* teve um incremento de 250 Kg de fibra por hectare quando comparada a área mantida durante os dois anos anteriores com monocultivo de algodão.

No caso da soja, embora em número limitado, há cultivares resistentes ao nematoide reniforme. Contudo, há uma grande variabilidade na resistência dessas cultivares, sendo que as mais resistentes não são bem adaptadas às regiões com alta infestação do nematoide, como as regiões Centro-norte do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso (Asmus, 2008). Leandro & Asmus, (2012), avaliaram durante duas safras agrícolas, os efeitos da rotação, sucessão ou consorciação de gramíneas forrageiras com soja sobre a população de *R. reniformis* em solo naturalmente infestado (1040 nematoides / 200 cc). Observou-se que o uso de capim-aruaana (*Panicum maximum* cv. Aruana), em rotação, sucessão ou consorciação com soja, e o uso de capim-braquiária, em rotação ou sucessão com soja, não se constituiu em alternativa para a redução da densidade populacional do nematoide reniforme no solo e, dessa forma, não deve ser considerado para o manejo de áreas infestadas por esse nematoide. Os resultados contraditórios aos anteriormente citados, pode estar relacionado ao período da rotação que não foi suficiente para reduzir a população do nematoide.

***Heterodera glycines*:** o nematoide do cisto da soja (NCS) está disseminado nas principais regiões produtoras de soja do Brasil.

O PD é uma importante ferramenta no manejo de *H. glycines*, pois as principais culturas utilizadas para a formação de palhada (milheto, braquiárias, sorgo forrageiro, capim pé-de-galinha, nabo forrageiro, aveia preta, aveia branca, girassol, milho, sorgo granífero) não são hospedeiras do nematoide e concorrerão para a redução populacional de *H. glycines* no solo (Inomoto & Asmus, 2009). Em adição, o SPD dificulta a dispersão dos cistos, em função da redução do movimento de máquinas e solo e redução da disseminação dos cistos pelo vento.

O fato de *H. glycines* completar seu ciclo de vida em um pequeno número de plantas cultivadas (feijão comum, feijão vagem, ervilhaca comum, ervilhaca forrageira, grão de bico), sendo que nem todas são boas hospedeiras, permite ao produtor aplicar a rotação de culturas para o seu manejo (Valle et al., 1997). Como, no Brasil os ovos no interior do cisto sobrevivem por alguns anos no campo, dependendo do nível populacional no solo, a rotação, por uma safra, com uma

espécie não hospedeira, permite o retorno da soja na safra seguinte. Contudo, com um único cultivo de soja suscetível, a população do NCS volta a crescer, havendo a necessidade de, na safra seguinte, retornar à rotação com espécies não hospedeiras ou soja resistente. As culturas não hospedeiras do NCS que podem ser utilizadas na rotação e sucessão visando o manejo deste fitonematoide são: milho, sorgo, arroz, algodão, mamona, aveia, trigo, girassol, *C. spectabilis*. Outra medida que deve ser adotada, em áreas infestadas com *H. glycines*, é a eliminação, durante a entressafra, da soja voluntária “tiguera” ou de espécies hospedeiras, pois ela contribui para a manutenção do inóculo para a safra de verão (Garcia et al., 1999). Apesar das boas opções para a prática da rotação de culturas, o controle do NCS muitas vezes se torna inviável, pois a soja é uma das culturas de maior rentabilidade no país e o produtor não quer deixar de plantá-la.

Existem cultivares de soja resistentes ao NCS, entretanto, para a escolha da cultivar adequada, se deve estar atento a diversidade genética desse nematoide. No Brasil, 11 raças de *H. glycines* foram identificadas. Dessa forma, o ideal é se conhecer qual a raça do nematoide está na área, para a melhor escolha da cultivar, pois existem cultivares de soja resistentes ao NCS no mercado, mas não específicos para determinada raça.

Meloidogyne spp: os nematoides de galhas são o grupo de nematoides que mais causam perdas na agricultura e mais disseminados por todo o país. No PD, as espécies de nematoides de galhas mais importantes, são *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*, sendo que a espécie *M. javanica* é a mais recorrente nas áreas cultivadas com soja (Inomoto, 2008).

No DP pode ocorrer uma potencialização das perdas ocasionadas pelos nematoides de galhas, pois importantes culturas utilizadas para a formação de palhada (milheto, capim pé-de-galinha, nabo forrageiro, aveia preta, aveia branca, girassol, milho, sorgo granífero) são hospedeiras de *M. incognita* e *M. javanica*, contribuindo para a manutenção ou aumento da população desses nematoides no solo (Inomoto & Asmus, 2009). Em áreas infestadas, a sucessão de culturas com soja-milho, soja-algodoeiro, algodoeiro-milho pode acarretar aumento da densidade dos nematoides de galhas no solo a nível que pode inviabilizar o cultivo econômico da próxima safra de verão. Entretanto, o produtor tem opções de espécies vegetais que podem ser utilizadas no manejo dos nematoides de galha. O cultivo das gramíneas *B. brizantha*, *B. decumbes* e *P. maximum* e das leguminosas *C. spectabilis*, *C. breviflora* e mucuna preta é recomendado em áreas infestadas com nematoides de galhas (Dias-arieira, 2003), uma vez que essas espécies não permitem aumento da população do nematoide no solo. O sequenciamento de braquiária após a soja, no sistema de integração lavoura-pecuária pode ser uma opção econômica para áreas infestadas.

Para a cultura da soja, o manejo de *M. incognita* tem sido feito pelo uso de cultivares resistentes. Cerca de 20% das cultivares de soja disponíveis no mercado

são resistentes ou moderadamente resistentes a *M. incognita* (Inomoto, 2008). Para *M. javanica* também existem cultivares resistentes ou tolerantes. No caso do milho, a situação é um pouco mais complicada, pois, no Brasil, não há cultivares ou híbridos comerciais com níveis elevados de resistência a *M. incognita* (Wilckenm et al., 2006). No entanto, para *M. javanica* existem opções de cultivares resistentes de milho.

Carneiro et al., 2007, avaliaram a resistência à *M. incognita*, raças 1 e 3, e *M. javanica* de diversos híbridos de sorgo e cultivares de milho e milho e observaram que algumas cultivares e híbridos foram resistentes aos nematoides e outras suscetíveis. Dessa forma, como existe variação intraespecífica nas culturas com relação à capacidade de multiplicar as diferentes espécies de *Meloidogyne* spp., um planejamento eficiente de consorciação, rotação e sucessão de culturas somente será possível com o conhecimento da reação de cultivares e híbridos ao nematoide presente na área.

Meloidogyne arenaria, *M. paranaensis*, *M. enterolobii* são outras espécies de nematoides de galhas que podem ser encontradas em áreas sob o PD.

***Pratylenchus brachyurus*:** atualmente o nematoide das lesões radiculares está extremamente disseminado nos solos da região do cerrado brasileiro e se apresentam como um dos grandes entraves na produção de soja e milho nas regiões centro-oeste e nordeste do país. Ao longo das últimas décadas, contribuiu para esse cenário, o monocultivo de cultivares suscetíveis, combinado com a semeadura na entressafra de milho ou algodão (hospedeiros muito favoráveis do nematoide) (Dias et al., 2012).

Quando comparado com o plantio convencional, o SPD pode favorecer o aumento do nível populacional de *P. brachyurus* no solo, por dois motivos, sendo eles: *i*) diminuição dos danos mecânicos, exposição ao sol a altas temperaturas, que ocorrem durante o preparo do solo com arado e/ou grade; *ii*) maior disponibilidade de alimento para o nematoide, pois as culturas de cobertura podem hospedar o nematoide (Inomoto, 2008). Culturas como soja, milho, algodão, cana-de-açúcar, amendoim, feijão, feijão caupi, mandioca e arroz são boas hospedeiras de *P. brachyurus*, assim como importantes culturas utilizadas para formação de palhada, a saber: braquiárias, sorgo forrageiro, capim pé-de-galinha, aveia branca, sorgo granífero e, os adubos verdes *C. juncea*, mucuna preta, mucuna cinza e mucuna anã (Inomoto & Asmus, 2009; Machado et al., 2007).

Crotalaria spectabilis e *C. breviflora* não são hospedeiras de *P. brachyurus* e devem ser incorporadas no sistema para o manejo desse nematoide. O milho (*Pennisetum glaucum*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* var. *oleiferus*) e aveia preta (*Avena strigosa*) utilizadas para formar palhada, em cerca de 8 milhões de hectares, anualmente, cultivados sob PD, são más hospedeiras de *P. brachyurus* (más hospedeiras são plantas que abrigam e alimentam os nematoides em suas raízes, propiciando sua reprodução, porém em níveis baixos) e constituem em opções valiosas para formação de palhada em locais infestados (Inomoto et al., 2006;

Inomoto & Asmus, 2009; Dias et al., 2012). Porém, existe variação na suscetibilidade das cultivares milheto, nabo forrageiro e aveia preta a *P. brachyurus*. Dessa forma, o produtor deve buscar informações obtidas em trabalhos de pesquisa, antes da escolha da cultivar. Algumas braquiúrias, como *B. humidicola* e *B. dictyoneura*, podem ser recomendadas com restrições, pois são más hospedeiras, podendo causar pequeno aumento populacional de *P. brachyurus* (Inomoto, 2008). Para o plantio safrinha, a literatura registra a cultura do girassol como má hospedeira de *P. brachyurus*, e pode ser uma alternativa para o manejo (Inomoto, 2006).

No Brasil, existe variabilidade em relação à suscetibilidade a *P. brachyurus* entre as cultivares de soja e milho. Essa variabilidade dentro do germoplasma com relação à capacidade de multiplicar *P. brachyurus* acena para a necessidade de se conhecer a reação dos principais híbridos e cultivares disponíveis, bem como daqueles em fase de pré-lançamento (Dias et al., 2007; Dias et al 2012). Entretanto, considerando que, na maioria das lavouras de soja afetadas do Brasil Central, normalmente as populações de *P. brachyurus* no solo estão muito elevadas, o uso de cultivares resistentes e/ou tolerantes deverá ser sempre precedido de rotação/sucessão com uma espécie vegetal não hospedeira (FR=zero) ou que, pelo menos, contribua para reduzir a população do parasita no solo (FR<1,0) (Dias et al., 2012).

Incorporação de plantas antagônicas a fitonematoides

Materiais vegetais podem ser incorporados ao solo após a rotação ou sucessão de culturas devido ao seu efeito antagônico da parte aérea a fitopatógenos. O plantio direto com espécies antagônicas pode auxiliar na redução da população dos nematoides no solo pela falta de hospedeiro e pela ação direta de moléculas tóxicas a nematoides presentes na planta. Muitos compostos nematicidas já foram isolados e identificados a partir de plantas antagônicas a fitonematoides (Chitwood, 2002; Aissani et al., 2015; Lu et al., 2017). Dessa maneira, extratos de plantas, adubação verde ou biofumigação tornam-se importantes ferramentas para o controle desses patógenos.

O uso de resíduos de plantas da família *Asteraceae* para controle de fitonematoides tem sido relatado em vários estudos (Oka, 2010). O gênero mais estudado desse grupo é *Tagetes*, que produz o α -tertienil. São geralmente utilizadas como rotação de culturas para controle de nematoides, principalmente por *Pratylenchus* spp. e *Meloidogyne* spp. No entanto, a incorporação de plantas de *Tagetes* spp. também é eficaz. Folhagem de *T. patula* incorporada ao solo infestado com *M. incognita* reduziu a infecção pelo nematoide (Ploeg, 2000). Outras plantas da família *Asteraceae* já demonstraram efeitos contra fitonematoides. Extratos de *Artemisia* spp., *A. verlotorum* e *A. absinthium*, mostraram atividade nematicida contra *M. incognita* (Dias et al., 2000).

Plantas de *Crotalaria* spp. são utilizadas como cobertura em rotação de culturas, e, ocasionalmente, incorporada ao solo, para obter o efeito de supressão de nematoides pela parte aérea além da capacidade de fixação de nitrogênio (Wang et al., 2001). ROCHA & CAMPOS (2004) induziram a formação de calus por hormônios em *C. juncea* e em outras culturas. Em seguida, ovos ou juvenis de segundo estágio (J2) de *M. incognita* foram incubados nesses exsudatos e então avaliados quanto às percentagens de eclosão, mobilidade e mortalidade dos J2. Incubação de ovos em exsudato de *C. juncea* inibiu a eclosão quando comparada com a incubação em água (testemunha).

Estudos com brássicas são realizados há muitos anos e mostram o potencial desse grupo de plantas no controle de fitonematoides. Espécies de brássicas possuem constituintes químicos, já isolados, com efeito nematicida (Barros et al. 2014; Zasada & Ferris, 2003). Dentre elas destacam-se: mostarda (*Brassica rapa*, *B. nigra* e *B. juncea*), repolho (*B. oleracea* var. *capitata*), brócolis (*B. oleracea* var. *italica*) e couve (*B. oleracea* var. *acephala*). HENDERSON et al. (2009), mostraram o efeito da incorporação de farinha de sementes de mostarda (*B. carinata*), contra *M. chitwood* em campos de batata. O efeito da farinha de sementes mostrou eficiência na redução de danos e aumento na produção de tubérculos. Muitas brássicas são utilizadas na biofumigação devido a presença de moléculas voláteis tóxicas a fitopatógenos. O controle de *M. javanica* em plantas de tomate foi realizado com a biofumigação do solo com brócolis, couve-flor e mostarda. A biofumigação diminuiu o número de galhas e de ovos presentes nas raízes do tomateiro (Neves et al., 2007). Além disso, foi observado que a incorporação das plantas, mesmo em solo sem a presença do nematoide, promoveu crescimento do tomateiro.

Várias plantas essenciais ou aromáticas possuem compostos com capacidade antimicrobiana e inseticida (Isman, 1999). Assim, dentro deste contexto, várias plantas condimentares, medicinais e aromáticas podem ser estudadas quanto ao efeito nematicida de seus derivados. PIEDRA et al. (2007), avaliaram o efeito de resíduos vegetais de pimenta no controle de *M. incognita* em plantas de tomateiro e verificaram redução do número de galhas em trabalho *in vitro*. Em campo, foi avaliado o efeito combinado entre resíduos de pimenta, esterco e brometo de metila, com ou sem cobertura de plástico, mostrando que todos os tratamentos reduziram o número de galhas e aumentaram o rendimento das plantas. No caso de óleos essenciais, OKA et al. (2000) estudaram propriedades nematicidas de óleos de 27 espécies de plantas aromáticas no antagonismo de *M. javanica*, mostrando que 20 das 27 essências das plantas estudadas, imobilizaram mais de 80% dos juvenis a uma concentração de 1,0 µL/litro, sugerindo que óleos essenciais apresentam capacidade para o controle do nematoide.

Além desses, outros grupos de plantas podem ser utilizados devido a presença de compostos tóxicos a fitonematoides. O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) foi usado como adubo verde em solos infestados com o fitonematoide *T. tuxaua* cultivados com milho e foi observada uma redução populacional de 63% (Furlanetto

et al., 2008). O feijão-de-porco é uma leguminosa amplamente distribuída no Brasil e em outros países tropicais. Essa planta é uma fonte natural de lectinas (Alvares, 1989) capazes de interferir na atração e migração dos nematoides em direção ao hospedeiro, bloqueando o sistema quimiorreceptor dos nematoides, impossibilitando ou reduzindo sua capacidade de iniciar o processo de infecção (Zuckerman, 1983; Marbanmendoza et al., 1987).

O nim (*Azadirachta indica* A. Juss) é uma árvore utilizada no controle de insetos, fungos e fitonematoides. Dela são obtidos produtos como extratos, óleos, tortas e sementes trituradas eficazes para o controle de várias espécies de nematoides, quando incorporados ao solo (Javed et al., 2007; Ritzinger et al., 2004).

Diversos fatores, tais como o estado da planta hospedeira, a época de incorporação ao solo, a fitotoxicidade para as culturas e estabilidade dos compostos nematicidas no solo, devem ser estudados para obter maior eficácia de controle. Outro importante fator para o sucesso do controle usando preparações vegetais nematicidas é o tipo de solo. O controle de nematoides por resíduos vegetais antagônicos, contendo compostos nematicidas, parece ser mais eficaz em solos leves, tais como solos arenosos. Em solos pesados os compostos ativos podem ser adsorvidos pela argila e inativados (Oka, 2010). Além disso, os nutrientes do material vegetal incorporado podem ter influência na indução de resistência de plantas a doenças, devido às possíveis modificações na anatomia da planta, tornando a epiderme mais grossa, lignificada e com acúmulo de silício, além de interferências nas suas propriedades fisiológicas e bioquímicas (Marschner & Rimmington 1988).

O uso de plantas que contêm compostos nematicidas em rotação de cultura e sua incorporação ao solo logo após a rotação, pode ser mais eficaz no controle de nematoides do que com plantas não hospedeiras que não possuem compostos nematicidas. Para isso, o conhecimento de outras características agrônômicas deve ser levado em conta para a escolha correta de uma planta que irá reduzir a população a um nível seguro e que seja economicamente viável de se aplicar no campo.

Influência dos fatores físico e químico do solo no controle de fitonematoides

Os aspectos físico-químicos dos solos constituem um conjunto de fatores que regem as populações dos nematoides juntamente com a comunidade rizosférica. O conhecimento do efeito do plantio direto pela decomposição da matéria orgânica, estímulo da microbiota antagonista e liberação de compostos tóxicos inerentes ao controle de nematoides depende de condições físicas e químicas ideais para atuarem contra esses patógenos. Cada organismo patogênico tem sua temperatura, umidade e pH ótimos para crescer, infectar ou causar doença. Por isso não é possível generalizar as condições do solo propícias para o controle de qualquer grupo especial de nematoides (Kerry, 1987). No entanto, muito tratamentos culturais são passíveis de serem utilizados no controle de fitonematoides no solo.

Dos fatores que podem ser manipulados pelo homem visando a redução da população de nematoides no solo, inclui-se práticas no solo. Dessa maneira, após anos de rotação e plantio direto na área, podem ser aplicadas táticas de aração, gradagem, revolvimento e pousio visando a melhoria das características edáficas do solo. Os efeitos da temperatura, umidade e a relação entre a reserva energética corporal e a infectividade de fitonematoides já são bem conhecidos e foram avaliados na prática, por DUTRA & CAMPOS (2003), onde a população de *Meloidogyne incognita* e sua infectividade foram estudadas em parcelas amostradas a zero, dois e 14 dias após o revolvimento do solo com ou sem irrigação, irrigadas sem revolvimento e testemunha, em período sem chuvas e de altas temperaturas. A menor população de J2 de *M. incognita* ocorreu aos 14 dias no solo revolvido e irrigado, seguido do revolvido, que ocasionou também, aumentos expressivos de produtividade no feijoeiro.

Mudanças químicas e físicas do solo podem ser feitas por táticas no SPD e, consequentemente, interferir na população de nematoides. Essas mudanças incluem alteração do pH do solo, salinidade, concentração de gás carbônico e oxigênio e na estrutura do solo (Oka, 2010). A acidificação do solo até pH 3,5 pode reduzir significativamente populações de algumas espécies de nematoides em condições aeróbias e anaeróbias (McElderry et al., 2005). No caso da estrutura do solo, a adição de adubos, resíduos animais ou vegetais, pode alterar a densidade das partículas, como por exemplo pela agregação das partículas do solo pela inclusão da matéria orgânica. O tamanho dos poros do solo é conhecido por afetar o movimento de nematoides. Com o aumento da agregação do solo, menor é o movimento do nematoide.

O uso de material incorporado ou em cobertura proporciona mudanças químicas e físicas significativas no solo. Como consequência as populações de microrganismos sofrem alterações por aumento ou diminuição. Dessa maneira, possíveis mudanças no solo pelo manejo adotado podem contribuir para a redução de fitonematoides na área agrícola principalmente pelo uso do manejo integrado de doenças.

Controle químico de fitonematoides

Por muito tempo o manejo dos fitonematoides foi realizado com o uso de produtos químicos como o brometo de metila, um nematicida fumigante, bem como com o uso do aldicarbe, um metilcarbamato de oxima. Ambos foram retirados do mercado devido às suas propriedades danosas ao meio ambiente e à saúde humana (ANVISA, 2003; ANVISA, 2012). Os nematicidas mais antigos atualmente disponíveis no mercado são os organofosforados e os carbamatos inibidores da acetilcolinesterase que, por serem tóxicos ao homem e ao meio ambiente, também estão sendo substituídos (JESCHKE, 2016). Atualmente, as pesquisas têm aumentado no sentido de desenvolver produtos eficazes e seguros ao meio ambiente, que possam ser aplicados em tratamento de sementes ou no sulco de plantio, conferindo à planta maior tolerância ao ataque do patógeno.

Um ingrediente ativo que tem sido bastante utilizado no controle de fitonematoides é a abamectina. O produto, basicamente inseticida, também possui ação nematicida e é indicado para o controle de várias espécies de fitonematoides em diversas culturas, como algodão, cana-de-açúcar, milho, tomate e soja, em tratamento via sementes/propágulos (AGROFIT-MAPA). Vários estudos têm demonstrado sua eficácia contra fitonematoides, entre eles *M. graminicola* em arroz, *M. enterolobii* em tomateiro e *P.brachyurus* em tratamento de sementes de soja (STEFFEN et al. 2011; ROMANO et al., 2016; BORTOLINI et al., 2013), bem como agindo em conjunto com outros ingredientes ativos (KUBO, et al., 2012; DALLA CORTE, 2014).

O fluopyram é outro ingrediente ativo que tem mostrado um alto nível de eficácia contra fitonematoides (KIM et al., 2016; JESCHKE, 2016). Estudos mostram que sementes tratadas com fluopyram apresentaram redução na população de *Pratylenchus brachyurus*, além de promover maior aumento da produtividade em algumas culturas de importância econômica, como o algodão, quando comparado à abamectina, mesmo em doses menores (dados não publicados).

Produtos formulados com a combinação de imidacloprido (neonicotinoide) e tiodicarbe (metilcarbamato de oxima) também estão sendo bastante utilizados no tratamento de sementes (KUBO, et al., 2012). Estes produtos atuam contra fitonematoides dos gêneros *Pratylenchus* e *Meloidogyne* nas culturas do algodão e da soja (AGROFIT-MAPA).

Novos produtos prometem chegar ao mercado como nova opção no controle de fitonematoides, incluindo espécies de *Meloidogyne*, como a fluensulfona. Este ingrediente ativo age em fitonematoides inibindo o desenvolvimento, além de apresentar baixa toxicidade para insetos e mamíferos não-alvo (JESCHKE, 2016).

O uso do controle químico continua sendo um recurso muito utilizado pelos agricultores no PD. Uma vez aplicado de forma correta, ainda que não haja a erradicação do patógeno, permite a redução da população do patógeno e o desenvolvimento da cultura, impedindo uma redução drástica da produção (FERRAZ, BROWN, 2016).

Controle biológico de fitonematoides

Dentre as opções de manejo de fitonematoides no SPD, o controle biológico torna-se uma opção muito eficaz, utilizando-se agentes de biocontrole, visando minimizar os danos causados às culturas de interesse econômico (Zhang et al., 2016; Xiang et al., 2017). Por não ser tóxico ao meio ambiente e ao homem, além da viabilidade econômica e de fácil implementação em PD, o controle biológico tem se expandido em boa parte das regiões produtivas.

Nos últimos anos houve um grande crescimento no registro de produtos à base de microrganismos. Entre eles, encontram-se disponíveis no mercado, formulados à

base de fungos (*Purpureocillium lilacinum* e *Pochonia chlamydosporia*) e bactérias (*Bacillus methilotrophicus* e *Pasteuria nishizawae*), atuando contra os nematoides dos gêneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus* e *Heterodera* (AGROFIT-MAPA). Recomenda-se procurar sempre produtos oriundos de empresas cadastradas na ABCBio (Associação Brasileira de Controle Biológico), que possuem certificação de qualidade.

Os agentes de biocontrole de fitonematoides podem ocorrer naturalmente na área ou serem (re)introduzidos através de tratamento de sementes ou mudas, aplicação no sulco de plantio e/ou pulverizações. Pela manutenção da palhada no SPD, ocorre uma natural conservação do microbioma do solo, além de favorecer a introdução de novos agentes de biocontrole.

Os fungos nematófagos se utilizam de diferentes estratégias para infectar ou capturar os nematoides e são classificados como predadores, endoparasitas e parasitas de ovos (CARNEIRO, 1992). Os fungos *P. chlamydosporia* e *P. lilacinus*, que são parasitas facultativos, ou seja, não dependem da presença do nematoide para a sua nutrição, podem atuar como saprófitas na ausência do hospedeiro e em combinação com outros métodos é uma alternativa para o controle de populações de *Meloidogyne* spp. (BENGTTSSON, 2015). O gênero *Trichoderma* tem sido estudado na produção de compostos tóxicos, como quitinasases e compostos orgânicos voláteis (dados não publicados), além de observações de parasitismo em ovos (EAPEN et al., 2005; SANTIN, 2008).

Pela sua capacidade de sobrevivência, amplo espectro de atuação contra fitopatógenos e relativa facilidade de produção em escala industrial, as rizobactérias tem sido fruto de amplo estudo de pesquisadores no controle de fitonematoides, principalmente o gênero *Bacillus*, comprovando a eficácia desses microrganismos na redução da população de fitonematoides (Zhang et al., 2017; HIGAKI & ARAUJO, 2012). Essas bactérias podem atuar diretamente sobre os nematoides por meio de antibióticos e toxinas inibindo a eclosão e a motilidade dos juvenis (HIGAKI, ARAUJO, 2012). Em ensaios em PD, sementes de soja tratadas com *B. amyloliquefaciens*, isolado BV 03 (BaBV 03), reduziu em até 80% a população de *P. brachyurus* no solo e 40% no sistema radicular, 60 dias após a semeadura (Figura 1) (Trevisan et al., 2017). Resultados semelhantes ocorreram na cultura do milho, também em PD, com redução de 70% no solo e de 80% nas raízes (Esser et al., 2017). Outra característica comum do gênero *Bacillus* é a promoção de crescimento das plantas, também observada no isolado BaBV03. Sementes de soja tratadas com BaBV 03 obtiveram incremento produtivo de 5 sacas de soja, quando comparadas com a testemunha sem tratamento com microrganismos, em campo altamente infestado com *P. brachyurus* (Trevisan et al., 2017). Mudanças de alfaca e sementes de soja tratadas com BaBV 03 e plantadas em solo infestado com *M. incognita* em casa de vegetação, produziram plantas com o dobro de massa, quando comparadas com a testemunha (Carvalho et al., 2017).

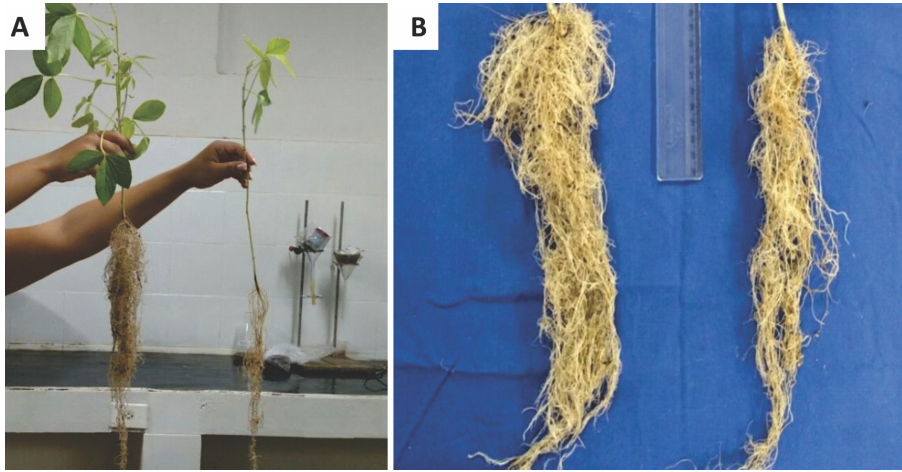


FIGURA 1. A) Plantas de soja oriundas de sementes tratadas com *Bacillus amyloliquefaciens* BV 03 na dose de 2 mL/ Kg de semente; B) Plantas de soja sem tratamento (testemunha).

Outra bactéria importante é a *Pasteuria nishizawae*, uma bactéria endoparasita formadora de micélios e endósporos que se aderem à cutícula do nematoide permitindo o parasitismo. Essa bactéria apresenta uma interação específica com o fitonematoide *Heterodera glycines*, e tem se mostrado um bom agente de controle biológico (NOEL, ATIBALENTJA, BAUER, 2010).

Considerações finais

A falta de produtos comerciais no controle de fitonematoides e a demanda por uma produção mais sustentável na agricultura mundial nos trouxeram a uma era de manejo ecologicamente correto desses patógenos. As táticas de manejo culturais já são amplamente aplicadas no controle de fitonematoides. Entretanto, grandes áreas agrícolas ainda apresentam dificuldades na implantação dessas táticas. A rotação de culturas, o plantio direto, o pousio e outras táticas culturais exigem a quebra do monocultivo principal da área. Dessa maneira, é responsabilidade dos profissionais relacionados ao manejo da área esclarecer aos produtores a importância da quebra do ciclo e como isso pode melhorar outras condições do solo. Controlar o patógeno estimulando ou introduzindo a microbiota do solo pode ser uma solução para reduzir populações de nematoides em muitos campos infestados, onde nenhuma outra tática mostrou resultados eficientes. Além disso, melhores condições do solo podem ser providas por tais sistemas, o que irá gerar uma maior permanência do efeito

antagônico ao fitopatógeno. As condições físicas e químicas dos solos podem indicar quais as mudanças devem ser feitas em solos agrícolas e podem ser manipuladas visando o controle de fitonematoides. Várias tecnologias em estudos do solo estão sendo desenvolvidas nos últimos anos e, em breve, a biotecnologia juntamente com estudos de campo se unirão em uma única ferramenta para melhorar os trabalhos de controle de fitopatógenos de solo.

Referências Bibliográficas

- AGROFIT. Disponível em : http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acessado em: 13 de julho de 2017.
- Aissani N, Urgeghe PP, Oplos C, Saba M, Tocco G, Petretto GL, Elo K, Menkissoglu-Spiroudi U, Ntalli N, Caboni P (2015) Nematicidal activity of the volatiles of *Eruca sativa* on *Meloidogyne incognita*. *Journal of agricultural and food chemistry* 63. pp. 6120-6125.
- Alvares NG (1989) La rotación con leguminosas como alternativa para reducir el daño causado por fitopatógenos del suelo y elevar la productividad del agro ecosistema maíz en el trópico húmedo. *Disertación (Master) - Colegio de Pos-Graduados, Montecillo*, 1989.
- Anvisa. Agrotóxico utilizado como chumbinho é retirado do mercado brasileiro, 2012. Disponível em: <http://s.anvisa.gov.br/wps/s/r/Nfh>. Acessado em: 29 de agosto de 2017.
- ANVISA. Consulta pública nº 29. 2003. Disponível em: [http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP\[4684-1-0\].PDF](http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP[4684-1-0].PDF). Acessado em: 29 de agosto de 2017.
- Asmus GL (2008) Reação de genótipos de soja ao nematoide reniforme. *Tropical Plant Pathology*, 33 (1): 69-71.
- Asmus GL, Richetti A (2010) Rotação de Culturas para o Manejo do Nematoide Reniforme em Algodoeiro. *Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS*. p. 26. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 55.
- Barros AF, Campos VP, da Silva JCP, Pedrosa MP, Medeiros FHV, Pozza EA, Reale AL (2014) Nematicidal activity of volatile organic compounds emitted by *Brassica juncea*, *Azadirachta indica*, *Canavalia ensiformis*, *Mucuna pruriens* and *Cajanus cajan* against *Meloidogyne incognita*. *Applied Soil Ecology*, 80:34-43.
- Barros AF, et al (2015) Tempo de exposição de juvenis de segundo estágio a voláteis emitidos por macerados de nim e de mostarda e biofumigação contra *Meloidogyne incognita*. *Nematropica*. Vol. 44, n. 2. pp. 190-199.
- Bengtsson T (2015). Biological control of root-knot nematodes (*Meloidogyne spp.*) by the fungus *Pochonia chlamydosporia*. SLU University Library.
- Bortolini GL, et al (2013) Controle de *Pratylenchus brachyurus* via tratamento de semente de soja. *Enciclopédia Biosfera*. Vol. 9, n. 17. pp. 818-830.
- Carneiro RM (1992) Princípios e tendências do controle biológico de nematóides com fungos nematófagos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Dec 1;27(13):113-21.
- Carneiro RG, Moritz MP, Mônaco APA, Nakamura KC, Scherer A (2007) Reação de Milho,

Sorgo e Milheto a *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. paranaensis*. Nematologia Brasileira. Vol 31 (2). pp. 9-13.

Carvalho R, Graciano NP, Jayme JPC, Trevisan M, Silva MSG, Ferro H, Freire ES. Promoção de crescimento de plantas de alface e soja mediado pelo agente de controle biológico de fitonematoides *Bacillus amyloliquefaciens* BV03. In: 50º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2017. Anais do 50º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Uberlândia, MG.

Chitwood DJ (2002) Phytochemical based strategies for nematode control 1. Annual review of phytopathology 40, 221-249.

Dalla Corte G, et al (2014) Tecnologia de aplicação de agrotóxicos no controle de fitonematoides em soja. Ciência Rural. Vol. 44, n. 9.

Dias, CR, Schwan, AV, Ezequiel, DP, Sarmento, MC, Ferraz, S, (2000). Efeito de extratos aquosos de plantas medicinais na sobrevivência de juvenis de *Meloidogyne incognita*. Nematologia Brasileira 24. pp. 203-210.

Dias WP, Debiasi, H, Franchini JC. Manejo cultural e genético do nematóide das lesões radiculares em soja. In: 6º Congresso Brasileiro de Soja, 2012, Cuiabá, MT. Soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável: anais, Brasília, DF. Embrapa 5 p. 1.

Dias WP, Ribeiro NR, Pivato A, Molina D (2007) Avaliação da Reação de genótipos de soja ao nematóide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*). In: 29ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, Campo Grande, MS. Resumos, Londrina: Embrapa Soja/ Uniderp. p. 62-63.

Dias-Arieira CR, Ferraz S, Freitas LG, Mizobutsi EH (2003) Avaliação de gramíneas forrageiras para controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* (Nematoda). Acta Scientiarum: Agronomy. Vol. 25, n. 2. pp. 473-477.

Dutra MR, Campos VP (2003) Manejo do solo e da irrigação como nova tática de controle de *Meloidogyne incognita* em feijoeiro. Fitopatologia Brasileira 28. pp. 1-7.

Eapen SJ, Beena B & Ramana KV (2005) Tropical soil microflora of spice-based cropping systems as potential antagonists of root-knot nematodes. Journal of Invertebrate Pathology. Vol. 88. pp. 218-225.

Esser R, Silva MSG, Trevisan M, Arantes LG, Ferro H, Freire ES. *Bacillus amyloliquefaciens* BV03 controla *Pratylenchus brachyurus* no cultivo de milho. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Nematologia, 2017. Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Nematologia, Vitória, ES.

Ferraz LCCB, Brown DJF (2016) Nematologia de plantas: fundamentos e importância. Manaus: Norma Editora, p. 251.

Furlanetto C, et al (Nov./Dec. 2008) Reaction of summer green manures to the nematode *Tubixaba tuxaua*. Tropical Plant Pathology, Brasília. Vol. 33, n. 6. pp. 403-408.

Garcia A, Silva JFV, Pereira JE, Dias WP (1999) Rotação de culturas e manejo do solo para controle do nematóide de cisto da soja. In: Sociedade Brasileira de Nematologia (Ed.) O Nematóide de cisto da soja: a experiência brasileira. Jaboticabal: Artsigner Editores. pp. 55-70.

Ghini R (2004) Solarização: histórico, resultados recentes e perspectivas. Summa Phytopathologica 30: 139-140.

Hasing JE, Motsenbocker CE, Monlezun CJ (2004) Agroeconomic effect of soil solarization

on fall-planted lettuce (*Lactuca sativa*). *Scientia Horticulturae* 101: 223-233.

Henderson DR, Riga E, Ramirez RA, Wilson J, Snyder WE (2009) Mustard biofumigation disrupts biological control by *Steinernema* spp. nematodes in the soil. *Biological Control* 48, 316-322.

Higaki WA, de Araujo FF (2012) *Bacillus subtilis* and abamectin for nematode control and physiological changes in cotton grown in soil naturally infested. *Nematropica* 42(2):295-303.

Inomoto MM (2008) Importância e manejo de *Pratylenchus brachyurus*. *Revista Plantio Direto*. Ed 108, novembro/dezembro.

Inomoto MM, Motta LCC, Machado ACZ & Sazaki CSS (2006) Reação de dez coberturas vegetais a *Pratylenchus brachyurus*. *Nematologia Brasileira* 30:151-157.

Inomoto MM, Machado ACZ, Sonia RA (2007) Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. *Fitopatologia Brasileira* 32(4).

Inomoto MM, Asmus GL (2009) Culturas de cobertura e de rotação devem ser plantas não hospedeiras de nematóides. *Visão Agrícola*, Piracicaba, SP 6 (2): 112-116.

Isman MB (2000) Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection* 19, 603-608.

Javed N, et al (Apr.2007) Protective and curative effect of neem (*Azadirachta indica*) formulations on the development of root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in roots of tomato plants. *Crop Protection*, Guildford. Vol. 26, n. 4. pp. 530-534.

Jeschke P (2016) Progress of modern agricultural chemistry and future prospects. *Pest management science*. Vol. 72, n. 3. pp. 433-455.

Kerry BR (1987) Biological control In *Principles and Practices of Nematode Control in Crops*. Sydney: Academic, Sydney.

Kim J, et al (2016) Efficacy of Different Nematicidal Compounds on Hatching and Mortality of *Heterodera schachtii* Infective Juveniles. *농약과학회지* (Korean J. Pestic. Sci.). Vol. 20, n. 4. pp. 293-299.

Kubo RK, Machado ACZ, Oliveira CMG (2012) Efeito do tratamento de sementes no controle de *Rotylenchulus reniformis* em dois cultivares de algodão. *Arquivos do Instituto Biológico*. Vol. 79, n. 2. pp. 239-245.

Leandro HM, Asmus GL (2012) Efeito de gramíneas forrageiras em rotação, sucessão ou consorciação com soja sobre a população de nematoide reniforme. *Nematologia Brasileira* Piracicaba, SP. pp. 55-61.

Lord JS, Lazzeri L, Atkinson HJ, Urwin PE (2011) Biofumigation for control of pale potato cyst nematodes: activity of brassica leaf extracts and green manures on *Globodera pallida* in vitro and in soil. *Journal of agricultural and food chemistry* 59. pp. 7882-7890.

Lu H, Xu S, Zhang W, Xu C, Li B, Zhang D, Mu W, Liu F (2017) Nematicidal Activity of trans-2-Hexenal against Southern Root-Knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) on Tomato Plants. *Journal of agricultural and food chemistry*.

Machado ACZ, Motta LCC, Siqueira KMS, Ferraz LCCB, Inomoto MM (2007) Host status of green manures for two isolates of *Pratylenchus brachyurus* in Brazil. *Nematology*. Vol.9 (6). pp. 799-805.

- Marbanmendoza N, et al (1987) Control of root-knot nematodes on tomato by lectins. Journal of Nematology, College Park. Vol. 19, n. 3. pp. 331-335.
- Marschner H, Rimmington G (1988) Mineral nutrition of higher plants. Plant Cell Environ 11:147-148.
- McElderry CF, Browning M, Amador JA (2005) Effect of Short-Chain Fatty Acids and Soil Atmosphere on *Tylenchorhynchus* spp. Journal of Nematology 37, 71.
- Neves WS, Freitas LG, Coutinho MM, Parreira DF, Ferraz S, Costa MD (2007) Biofumigação do solo com espécies de brássicas para o controle de *Meloidogyne javanica*. Nematologia Brasileira 31, 195-201.
- Noel GR, Atibalentja N, Bauer SJ (2010) Suppression of *Heterodera glycines* in a soybean field artificially infested with *Pasteuria nishizawae*. Nematropica 40:41-52.
- Oka Y (2010) Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments-a review. Applied Soil Ecology 44, 101-115.
- Oka Y, Nacar S, Putievsky E, Ravid U, Yaniv Z, Spiegel Y (2000) Nematicidal activity of essential oils and their components against the root-knot nematode. Phytopathology 90, 710-715.
- Piedra B, García Á, Díez RMA, Ros C, Fernández P, Lacasa A, Bello (2007) Use of pepper crop residues for the control of root knot nematodes. Bioresource Technology 98, 2846-2851.
- Ploeg AT (2000) Effects of amending soil with *Tagetes patula* cv. Single Gold on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato. Nematology 2, 489-493.
- Rocha FS, Campos VP (2004) Efeito de exsudatos de cultura de células de plantas em juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne incognita*. Fitopatologia Brasileira 29, 294-299.
- Romano MJ, et al (2016) Intervalos de aplicação de abamectina na supressão de *Meloidogyne enterolobii* em tomateiro. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas. Vol. 10, n. 4. pp. 394-402.
- Santin RCM (2008) Potencial do uso dos fungos *Trichoderma* spp. e *Paecilomyces lilacinus* no Biocontrole de *Meloidogyne incognita* em *Phaseolus vulgaris*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Souza NL (2004) Interação entre solarização e incorporação prévia de matéria orgânica no solo. Summa Phytopathologica 30:142-143.
- Steffen RB, et al (2011) Efeito da abamectina e carbofuran no controle de danos causados por *Meloidogyne graminicola* em plantas de arroz irrigado. Revista da FZVA. Vol. 18, n. 2.
- Trevisan M, Lopes RS, Silva MSG, Esser R, Jayme JPC, Ferro H, Freire ES. Efeito de *Bacillus amyloliquefaciens* BV03 no controle de *Pratylenchus brachyurus* no cultivo de soja. In: 50º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2017. Anais do 50º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Uberlândia, MG.
- Valle LA, Dias WP, Ferraz S (1997) Reação de algumas espécies vegetais, principalmente leguminosas, ao nematoide de cisto da soja. Nematologia Brasileira. Vol. 20 (2). pp. 30-40.
- Wang K-H, Sipes B, Schmitt D (2001) Suppression of *Rotylenchulus reniformis* by *Crotalaria juncea*, *Brassica napus* and *Tagetes erecta*. Nematropica 31, 235-250.

Wilckenm SRS, Fukazawa RM, Rosa JMO, Jesus AM, Bicudo SJ (2006) Reprodução de *Meloidogyne incognita* raça 2 e *M. javanica* em genótipos de milho em condições de casa-de-vegetação. *Nematologia Brasileira* 30:35-38.

Xiang N, Lawrence KS, Kloepper JW, Donald PA, McInroy JA, Lawrence GW. (2017) Biological control of *Meloidogyne incognita* by spore-forming plant growth-promoting rhizobacteria on cotton. *Plant Disease*. May;101(5):774-84.

Zasada I, Ferris H (2003) Sensitivity of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans* to isothiocyanates in laboratory assays. *Phytopathology* 93, 747-750.

Zhang J, Li Y, Yuan H, Sun B, Li H.(2016) Biological control of the cereal cyst nematode (*Heterodera filipjevi*) by *Achromobacter xylosoxidans* isolate 09X01 and *Bacillus cereus* isolate 09B18. *Biological Control*. Jan 31;92:1-6.

Zuckerman BM (Apr.1983) Hypotheses and possibilities of intervention in nematode chemoresponses. *Journal of Nematology*, Lakeland. Vol. 15, n. 2. pp. 173-182.

Integração lavoura-pecuária: novas tendências

Bruno Carneiro e Pedreira^{1*}
Leandro Ferreira Domiciano²
Renato Ribeiro de Aragão Rodrigues³
Sylvia Raquel Gomes Moraes⁴
Ciro Augusto de Souza Magalhães¹
Eduardo da Silva Matos¹
Cornélio Alberto Zolin¹

Introdução

A integração lavoura-pecuária (ILP) consiste em sistemas de produção de grãos, fibras, carne, leite e outros, realizados numa mesma área, em plantio simultâneo, sequencial ou rotativo, seja temporal ou espacial, em que se objetiva a maximização do uso dos componentes vegetais e animais, bem como seus respectivos resíduos e aumentar a eficiência no uso de máquinas, equipamentos e mão-de-obra, reduzir impactos ambientais e visar a sustentabilidade do sistema (Macedo, 2009).

O planejamento prévio, criterioso e sistematizado na implantação do sistema ILP é o que define o sucesso ou fracasso da atividade. Durante o planejamento deve-se levar em consideração as condições edáficas, climáticas, espécie agrícola e forrageira, capacidade gerencial (que está diretamente ligada aos objetivos de produção), mercadológicas, logística de transporte de insumos e produtos e mão-de-obra qualificada na região (Balbino *et al.*, 2012).

Uma das vantagens da ILP é sua grande variedade de culturas passíveis de utilização, no entanto, essas são dependentes da adaptação às condições

¹Pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril

²Doutorando da Universidade Federal de Mato Grosso

³Pesquisador da Embrapa Solos

⁴Professora da Universidade Federal de Mato Grosso

*Correspondente: bruno.pedreira@embrapa.br

edafoclimáticas, tratos culturais e objetivos de produção. As culturas mais utilizadas são: soja, milho, sorgo, arroz, feijão caupi, girassol e milheto, como culturas para a produção de grãos; crotalaria, guandu-anão, estilosantes e nabo forrageiro como leguminosas de cobertura e/ou pastejo; e gramíneas de clima tropical perenes como dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*, consorciadas ou não com a cultura para grãos ou leguminosa.

Outras oportunidades também podem ser vislumbradas neste sistema de produção. Agricultores, que anteriormente utilizavam a pastagem apenas como cobertura para o solo na entressafra, observaram que é possível, também, incrementar a renda com a produção animal nesta mesma área, variando o tempo de permanência com pecuária a depender dos objetivos do produtor. O sistema pode contemplar a utilização apenas na entressafra, ou por mais de uma safra com o objetivo de quebra de ciclo de pragas e doenças da cultura agrícola.

É válido salientar que a maior complexidade da ILP, em relação aos sistemas exclusivos, resulta em alguns desafios e entraves na implantação da ILP, tais como a exigência de maior qualificação e dedicação dos produtores, gestores e técnicos, pouca disponibilidade de mão-de-obra qualificada, seja de técnicos ou colaboradores. Tem-se a necessidade de maior investimento financeiro na atividade, seja com capital próprio ou por acesso ao crédito, visto o alto custo em infraestrutura, máquinas, implementos e animais, no entanto, o retorno do capital investido ocorre apenas em médio e longo prazo.

Além da evidente vantagem do dinamismo das variações nos sistemas ILP, talvez a grande vantagem da utilização deste sistema de produção seja o sinergismo existente entre as culturas e os animais. Deste modo, os animais se beneficiam da forrageira de melhor qualidade e quantidade, advinda da nutrição mineral residual da lavoura produzida em solo corrigido e fertilizado que a antecedeu. E, de modo análogo, a lavoura também se beneficia da melhoria na qualidade física do solo proporcionado pelas raízes das gramíneas e pela grande produção de matéria orgânica adicionada ao sistema.

Nesse cenário, a ILP foi apresentada como uma opção de recuperação de pastagens degradadas, principalmente nas regiões em que a lavoura e pecuária estão presentes.

Procedimentos comuns para a recuperação direta de pastagens, tais como práticas de manejo da pastagem, aplicação de fertilizantes e introdução de cultivares mais produtivas têm desencorajado produtores em função dos altos custos com insumos e mão-de-obra, elevando os custos finais para se obter uma nova pastagem.

Por outro lado, do ponto de vista do agricultor, nos últimos anos, houve uma busca pela melhoria das características do solo, principalmente por aumento nos teores de matéria orgânica. Por isso, a introdução de gramíneas na entressafra se tornou uma necessidade com a substituição do plantio convencional pelo plantio direto.

Assim, enquanto agricultores buscavam aumentar a palhada (matéria orgânica) para cobertura do solo e os pecuaristas queriam alternativas mais eficientes

para diminuir os custos com a recuperação das pastagens, surgia a oportunidade de utilização de um sistema mais complexo, o qual integrava as duas atividades: integração lavoura-pecuária (ILP).

O plantio da forrageira simultâneo ou após a colheita dos grãos é uma prática antiga e, de certo modo, comum entre os agricultores. No entanto, esta prática foi melhor definida e organizada como um processo ou como pacote tecnológico por Kluthcouski *et al.* (1991), denominado “Sistema Barreirão”, que consistia na reparação do solo para o cultivo do arroz consorciado com *Brachiaria*, formando a pastagem. Outro sistema, também foi proposto por Kluthcouski *et al.* (2000), denominado “Sistema Santa Fé” que consistia no preparo do solo para a produção de grão na primeira safra (e.g. soja) seguido do plantio de milho consorciado com *Brachiaria* para a produção de palhada para a cobertura do solo ou pastejo até a próxima safra de grãos.

Recentemente, Oliveira *et al.* (2010) propuseram o “Sistema Santa Brígida”, que propõe o plantio simultâneo do milho de segunda safra com uma leguminosa, de modo a permitir um aumento do aporte de nitrogênio no solo, pela fixação biológica do nitrogênio atmosférico, no entanto, este consórcio não deve interferir negativamente na produção de grãos de milho.

No Sul Mato-grossense surgiu o “Sistema São Mateus”, o qual é um modelo de ILP adaptado à esta região de solo arenosos. Nesse sistema, busca-se a antecipação da correção química e física do solo com o plantio de capim com pequenas quantidades de sementes de soja (até 5 kg/ha), o que permite a formação de boas pastagens e o início do processo de dispersão das bactérias inoculadoras que auxiliarão na nodulação e permitirão o cultivo de soja com sucesso, após uma ou duas safras com pecuária (Salton *et al.*, 2013).

Estes sistemas integrados de produção foram bem aceitos e difundidos entre os produtores, pois propiciam, agora, a produção de duas atividades na propriedade, não mais apenas lavoura ou pecuária, mas a integração lavoura-pecuária.

Para a pecuária, os custos com reposição de nutrientes, preparo do solo, sementes, entre outros usados para recuperar as pastagens e melhorar a fertilidade do solo são amortizadas pela ILP. Além destes benefícios, os solos com pastagens podem melhorar os níveis de fertilidade com o residual da adubação da lavoura e as áreas com culturas agrícolas (soja, milho, etc.) são beneficiadas pelo volume e profundidade das raízes das gramíneas de clima tropical. As raízes agem como um “arado verde”, melhorando as propriedades físicas do solo, diminuindo a compactação e densidade do solo, e aumentando a taxa de infiltração de água. Deste modo, este mútuo benefício da ILP, também tem chamado a atenção dos agropecuaristas.

Estudos feitos com ILP no Brasil Central têm mostrado melhoria na produção agrícola e animal, com sistemas mais eficientes que apresentam aumento nas taxas de lotação, no ganho em peso e no rendimento de grãos. Isso aponta para uma nova direção nas condições de produção e do meio ambiente, portanto, na direção da sustentabilidade ambiental e econômica.

A ILP pode auxiliar a reduzir a instabilidade econômica, devido as maiores possibilidades de exploração dos produtos gerados dentro da propriedade. Numa propriedade tradicional de produção de grãos, o produto colhido precisa ser vendido como grão. No caso de uma propriedade com ILP, o grão tanto pode ser vendido, como pode ser utilizado como produto na alimentação animal: suplemento ou rações. Isso acelera o desempenho dos animais, com um custo menor do que o necessário para adquirir grãos (soja e milho) no mercado. Em momentos de baixa no preço de grãos, essa pode ser uma alternativa para a manutenção das margens econômicas de uma propriedade. Nesse caso, as inflexões do mercado podem ter menos efeito na rentabilidade da propriedade, pois existe a possibilidade do processamento dos grãos em carne, como outra via de entrega de produtos.

Com relação a mão de obra, também existem vantagens em relação aos sistemas ILP. Uma propriedade que tem apenas atividades agrícolas, tem uma alta demanda por pessoas na safra e na entressafra. Nesse cenário, tem-se duas opções, contratações temporárias na época de maior demanda ou ociosidade dos funcionários efetivos quando a demanda é reduzida. Isso resulta em dificuldade de capacitação de mão de obra temporária para utilização na safra, que cada vez mais utiliza máquinas mais modernas e de alto valor, ou de baixa eficiência laboral na entressafra. No entanto, propriedades que fazem ILP podem equilibrar melhor a relação oferta: demanda de mão de obra, pois a pecuária pode ser intensificada, requerendo mais força de trabalho e maquinário, justamente no momento de entressafra, quando os animais são suplementados (suplementação em pastagem, semi-confinamento, ou confinamento). Por outro lado, durante o período chuvoso, a condução da lavoura pode ser feita utilizando quase todo o efetivo, caso seja necessário.

Em sistemas integrados, é necessário ressaltar que a equipe precisará de treinamento para atuação nas diversas atividades da propriedade, bem como, de um comando único. É bem comum encontrar divergências de interesse quando se divide as equipes em “equipe da lavoura” e “equipe da pecuária”. O que, via de regra, resulta em problemas para atingir as metas definidas para o sistema. É preciso que haja um entendimento de que as atividades são complementares e não competitivas, pois o que se busca ao final do ano agrícola é a maior rentabilidade possível, seja com lavoura ou com pecuária.

Existem exemplos bem-sucedidos de ILP, alguns destes têm apresentado características inovadoras e mudado o formato de se fazer pecuária. Quando a integração é feita com sucesso, e a oferta de forragem na época seca (pastagens após lavoura) é mantida semelhante à da época chuvosa (pastos definitivos) é possível inverter a estação de monta. As vacas e novilhas passam a ser inseminadas de junho a setembro, o que resulta em nascimentos de bezerros de março a junho (Figura 1). Nessa situação, os dois processos (inseminação e nascimento) acontecem na época seca, quando a ausência de chuva e, por consequência, lama nos currais de manejo, o que propiciam condições sanitárias ideais para o rebanho, sobretudo, para o manejo dos bezerros.

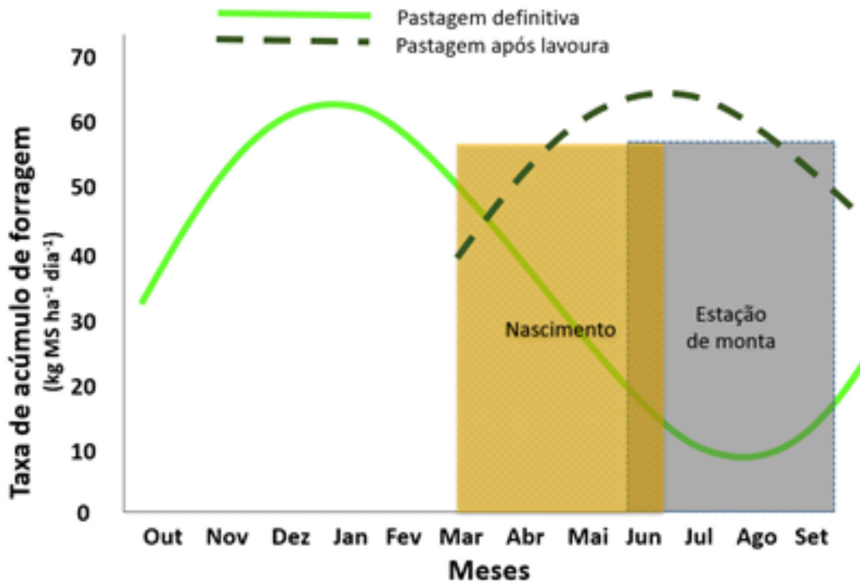


FIGURA 1. Possibilidade de estação de monta invertida em propriedades que utilizam sistemas ILP.

Os sistemas ILP são altamente dinâmicos, podendo variar consideravelmente as respostas tanto das culturas anuais quanto nas plantas forrageiras, o que resulta em diferentes desempenhos dos animais. Portanto, as tomadas de decisões devem ser alicerçadas em conhecimento técnico-científico em cada fase dos processos envolvidos, principalmente aqueles que garantem à produção vegetal e animal do sistema planejado.

Manejo de plantas invasoras, pragas e doenças em sistemas de integração lavoura-pecuária

Os sistemas integrados são possíveis de serem realizados se os fundamentos forem colocados em prática, sobretudo, o plantio direto sobre a palha e a rotação de culturas. Dessa forma, o estabelecimento de um sistema ILP com plantio direto como uma prática economicamente viável e ambientalmente correta deve-se, primordialmente, atender a integração dos métodos de controle de plantas invasoras, tanto na fase de lavoura quanto na fase de pecuária (Gomes Jr. e Christoffoleti, 2008); de controle de doenças que acometem a lavoura (Berni, Silveira e Costa, 2002; Valle *et al.*, 1996); e o controle de insetos pragas.

O revolvimento mínimo do solo, indispensável no plantio direto, promove modificações na dinâmica populacional das plantas invasoras (Jakelaitis *et al.*, 2004). Isto ocorre em função das mudanças na composição da diversidade de plantas infestantes no decorrer do tempo, considerando o número e a dominância relativa de cada espécie no agroecossistema (Gomes Jr. e Christoffoleti, 2008).

No sistema ILP ocorre maior concentração de sementes de plantas invasoras próximo à superfície, dado ao mínimo revolvimento, e não distribuídas no perfil do solo como nos métodos convencionais. Deste modo, a cobertura do solo, seja com gramínea para formação de palhada para o plantio direto ou para o pastejo, tende a reduzir a concentração de sementes no solo por indução de germinação e/ou perda de viabilidade. Assim, a presença da cobertura do solo pela gramínea provoca alterações na física, química e biologia do solo, bem como a redução da penetração de luz, da temperatura e o aumento na umidade. Além disso, durante a decomposição da cobertura, sobretudo das *Brachiaria* spp., pode ocorrer a produção de substâncias alelopáticas que atuam na inibição da germinação de sementes de plantas invasoras (Almeida, Lucchesi e Abbado, 1997).

Na ILP, a germinação das sementes de plantas invasoras é ocasionada, sobretudo, por alterações de temperatura do solo, ou seja, no inverno, há diminuição da temperatura do solo favorecendo a germinação das sementes de plantas invasoras de inverno e no verão a elevação da temperatura, certamente, favorece a germinação das sementes de espécies de verão (Gomes Jr. e Christoffoleti, 2008). Os fluxos subsequentes possuem relação maior com a precipitação pluvial (Ruedell, 1995).

De acordo com Ruedell (1995), a partir do segundo ano de implantação do sistema de plantio direto, como ocorre na ILP, há redução da diversidade de espécies de plantas invasoras anuais, enquanto ocorre aumento das espécies de plantas invasoras perenes.

Em experimento de longa duração sobre banco de sementes de plantas invasoras em sistemas ILP, Ikeda *et al.* (2007a), observaram que o banco de sementes de plantas invasoras na ILP reduziu em comparação ao sistema contínuo de lavoura. E a adubação de manutenção é mais efetiva do que a adubação corretiva gradual, na redução do banco de sementes.

Ainda de acordo com Ikeda *et al.* (2007b) o sistema de cultivo e os sistemas de preparo do solo (convencional e ILP) exercem efeitos sobre a estrutura florística dos bancos de sementes, medida pelo índice de valor de importância de cada família, em que a adubação corretiva gradual e o plantio em sistema convencional aumentam o número de famílias e de espécies presentes.

Em sistemas intensivos, como a ILP, além das plantas invasoras causarem danos aos rendimentos da lavoura/pastagem devido a competição por água, luz e nutrientes, entre outros, muitas das espécies podem ser hospedeiras de pragas e doenças, propiciando a continuidade de seus ciclos de vida. Deste modo, o manejo eficiente de plantas invasoras em sistemas integrados deve ser aliado à diferentes métodos de controle, ou seja, fazer manejo integrado de plantas invasoras com a

utilização de herbicidas associado a tratos culturais de modo estratégico, eficiente e viável, no intuito de manter a sustentabilidade do sistema.

Para o controle doenças, o uso de sistemas ILP, com o plantio de espécies de gramíneas são utilizados para controlar patógenos de solo. Vale ressaltar a dificuldade encontrada por pesquisadores, técnicos e produtores na redução dos prejuízos acarretados por esses microrganismos. Para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum*, agente causal do mofo branco, práticas como a rotação de culturas e plantio sobre a palhada são as mais eficientes (Costa e Rava, 2003). Em casos mais extremos pode-se fazer a eliminação de restos culturais e permitir a solarização do solo e, em último caso, o tombamento de leiva, enterrando a camada superficial do solo a profundidade acima de 20 cm. Estas práticas podem ser aplicadas isoladamente ou associadas ao controle biológico e/ou químico.

Em sistemas de produção de feijão, a rotação de cultura com gramíneas apresenta redução da população de *Fusarium* spp. e *Rhizoctonia* spp. em áreas contaminadas em que foi realizado o plantio prévio de gramíneas, em especial *Brachiaria brizantha* (Toledo-Souza et al., 2008). Na cultura da soja, a cobertura do solo com *Brachiaria ruziziensis* é eficiente no controle de apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum* e na redução do número de escleródios por m² (Görgen et al., 2009; Civardi et al., 2012). Essas gramíneas podem ser utilizadas no Sistema Plantio Direto, ou no Sistema Santa Fé, no qual na safra há o cultivo da soja e na safrinha de milho consorciada com *Brachiaria* spp. Esses sistemas proporcionam diminuição do tamanho dos escleródios, tornando-os menos infectivos e favorecem a redução do inoculo inicial por meio da germinação de escleródios e formação de apotécios na entressafra (Görgen et al., 2010; Görgen et al., 2008). Segundo Lobo Jr. e colaboradores (2009), a redução do apotécio é decorrente da baixa luminosidade acarretada pela lenta degradação da camada de palha com alta relação carbono/nitrogênio acarretada pelas espécies de braquiárias; diferente de outras monocotiledôneas como milho, sorgo ou milheto.

Outro efeito positivo da palhada de *B. ruziziensis* e de *B. brizantha* cv. Marandu atuando no controle de *F. solani*, *R. solani* e *S. sclerotiorum* foi apresentado por Costa (2002), demonstrando os efeitos da rotação das culturas do arroz, milho e soja e da *Brachiaria* spp. sobre a atividade microbiológica (Tabela 1). Costa e Rava (2003) relataram que a atividade microbiana no solo aumenta anualmente, em período de seis anos, em contraste a redução de *S. sclerotiorum*.

TABELA 1. Efeito da rotação de culturas e do uso de braquiária sobre a atividade microbiológica e patógenos do feijoeiro.

Rotação	Atividade biológica ($\mu\text{FDA min}^{-1}\text{g}^{-1}$)	<i>F. solani</i> (ppg)	<i>R. solani</i> (ppg)	<i>S. sclerotiorum</i> (escl. M^3)
Arroz	0,46	1.120	83	0
Milho	0,55	2.720	42	0
<i>B. ruziziensis</i>	0,45	1.560	28	0
<i>B. brizantha</i>	0,50	1.334	24	0
Soja	0,29	3.160	32	3

* ppg = propágulos por grama. Adaptado de Costa (2002).

Reis *et al.* (2012) observaram redução de 21% e 26% no número de propágulos de *Fusarium* spp. nas de safras 2006/07 e 2007/08 de soja, respectivamente, quando o solo foi cultivado em plantio direto frente ao solo revolvido a 25 cm. Nestes mesmos sistemas de manejo, a soja cultivada em solo revolvido apresentou produtividade média de apenas 3% superior. Este fato evidencia a superioridade dos sistemas de produção com o menor revolvimento possível do solo e plantas de cobertura, como ocorrem nos sistemas ILP.

De modo análogo, Berni, Silveira e Costa (2002) relataram redução da podridão vermelha da raiz, causada por *R. solani*. A menor severidade da doença foi observada quando a cultura do feijoeiro foi plantada sem o revolvimento do solo e, não influenciando no tipo de rotação da cultura.

Os fitonematoides possuem alta expressividade nos sistemas produtivos, dada sua abrangência de infestação, podendo ser encontrados em mais de 94% de 623 amostras coletadas em áreas agrícolas em municípios de Mato Grosso (Silva *et al.*, 2004), e pelo dano causado em diversas culturas, resultando em perdas de produtividade e, consequentemente, econômicas.

O controle de nematoides consiste no plantio de cultura não hospedeira ao fitopatógeno de maior densidade populacional no local. Deste modo, em sistemas ILP, o plantio de gramínea para a pecuária e/ou cobertura do solo deve ser criteriosamente analisado, pois estes podem ser hospedeiros para alguns tipos de nematoides ou mesmo controlar sua infestação.

Este problema vem sendo estudado e relatado na literatura. Isto se deve à evolução da ciência e descoberta de novos meios de análise, identificação e controle e até mesmo pela evolução das espécies de nematoides através da seleção natural de espécies resistentes e surgimento novas raças ou mesmo por mutações genéticas. No entanto, o controle mais efetivo e economicamente viável ainda continua sendo a identificação de espécies/cultivares pouco susceptíveis e/ou não hospedeiras de nematoides.

Neste sentido, Valle *et al.* (1996) conduziram ensaios com o objetivo de avaliar a eficiência de algumas gramíneas no controle de *Heterodera glycines*, raça 3, em solo naturalmente infestado. Em casa de vegetação foram utilizadas as plantas mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) como testemunhas resistente, e a soja (*Glycine max* cv. Cristalina) como suscetível, além de vasos sem planta (alqueive). Os autores reportaram que as gramíneas reduziram a população do nematoide no solo em relação à soja (Tabela 2), apresentou resultados semelhantes a mucuna-preta e foram mais eficientes que o alqueive, na redução de *H. glycines*.

TABELA 2. Médias do número de cistos, ovos e juvenis de *Heterodera glycines* por 100 cm³ de solo após 92 dias de alqueive ou cultivo de mucuna-preta, soja ou gramíneas forrageiras em vasos com solo infestado, mantidos em casa de vegetação (médias de sete repetições).

Espécies/ cultivar	<i>H. glycines</i> (variável /100 cm ³ de solo)		
	Cisto	Ovos	Juvenis
<i>A. gayanus</i> 'Planaltina'	269	4829	480
<i>B. brizantha</i> 'Marandu'	182	3971	314
<i>B. decumbens</i>	252	4263	457
<i>B. humidicola</i>	231	3914	497
<i>B. ruziziensis</i>	262	5771	543
<i>P. maximum</i> 'Guiné'	214	3834	446
<i>P. maximum</i> 'Tobiatã'	218	3771	377
<i>P. maximum</i> 'Vencedor'	191	3314	331
Alqueive	248	5694	463
<i>M. aterrima</i> 'mucuna-preta	204	3394	280
<i>G. max</i> Soja 'Cristalina'	412	35457	2949
Coefficiente de variação	32	147	151

Adaptado de Valle *et al.* (1996).

Na região sul do Brasil, Carneiro, Carvalho e Kulczynski (1998) relataram, no caso de culturas de inverno e de verão, que a rotação de culturas com espécies não hospedeiras é a alternativa de controle mais eficiente. Isso foi evidenciado por meio da avaliação de suscetibilidade ou resistência de vinte e duas culturas, e uma hospedeira preferencial para cada espécie de nematoide. Em casa de vegetação, os autores relataram que todas as cultivares de aveia (*Avena sativa*) e o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) foram hospedeiras de inverno não favoráveis, assim como o sorgo (*Sorghum vulgare*) AG 1017, milho (*Zea mays* CMS 5202), mucuna anã (*Mucuna deeringiana*) e milheto (*Pennisetum americanum*) foram hospedeiros de verão não favoráveis para *M. xenoplax*, *M. javanica* e *M. incognita*.

Nas condições de clima tropical, o *Panicum maximum* cv. Colômbio e algumas *Brachiaria* spp. foram reportadas como mal hospedeiras, ou seja, auxiliam no controle dos nematoides *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica* (Dias-Arieira *et al.*, 2003) e *Rotylenchulus reniformis* (Asmus e Cargnin, 2005), podendo ser utilizadas em áreas infestadas por estes nematoides.

Entretanto, há interações em que o sistema de rotação de cultura nas áreas produtoras sob o sistema de plantio direto propicia aumento dos danos, como observado para *Pratylenchus brachyurus*, nematóide amplamente disseminado no Estado do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e patogênico as culturas da soja e algodão. As gramíneas *Panicum maximum* ('Tanzânia' e 'Mombaça') e *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola*, *B. dactyloides* e o capim 'Mulato' (*B. ruziziensis* clone 44-6 x *B. brizantha* CIAT 6292) são hospedeiras desse fitonematóide, propiciando sua multiplicação (Tabela 3) (Inomoto, Machado e Antedômico, 2007).

TABELA 3. Fator de reprodução (FR=Pi/Pf) e população final por grama de raízes (Pf/g) de dois isolados de *Pratylenchus brachyurus*¹ (Pb₂₀ e Pb₂₄) em *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* (Pm).

Espécies/ cultivar	<i>P. brachyurus</i> Pb ₂₀		<i>P. brachyurus</i> Pb ₂₄	
	FR ²	Pf/g ²	FR	Pf/g
Soja 'Pintado'	10,69 a	198 a	59,66 a	1.434 a
Pm 'Tanzânia'	12,17 a	79 ab	10,38 b	148 b
Pm 'Mombaça'	7,07 ab	42 b	13,18 b	119 bc
Capim 'Mulato'	4,96 abc	31 bc	10,89 b	56 cd
<i>B. brizantha</i>	3,50 bc	21 bcd	9,71 b	83 bcd
<i>B. humidicola</i>	2,20 cd	6 ef	1,80 d	7 e
<i>B. decumbens</i>	1,79 cd	9 def	5,65 bc	44 d
<i>B. ruziziensis</i>	1,66 cd	12 cde	3,80 cd	37 d
<i>B. dactyloides</i>	1,01 de	4 f	1,32 d	4 e
<i>Crotalaria spectabilis</i> 'Comum'	0,00 e	0 g	0,00 e	0 f

¹ Avaliação aos 118 dias após a inoculação para Pb₂₀, isolado de raízes de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) e 131 dias após a inoculação para Pb₂₄, isolado de raízes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum*).

² Médias de seis repetições; médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Adaptado de Inomoto, Machado e Antedômico (2007).

Recentemente, Queiróz *et al.* (2014) avaliaram a resposta de acessos e cultivares de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum*, cultivados em casa de vegetação, ao *Pratylenchus brachyurus*, tendo como testemunhas o milho BRS 2020 (suscetível) e milheto ADR 300 (resistente). Os autores reportaram que todos os materiais

avaliados permitiram a multiplicação do nematoide, com exceção de *B. humicola* cv. BRS Tupi (Tabela 4), a qual foi classificada como moderadamente resistente.

TABELA 4. Média da população final (substrato + raiz) de *Pratylenchus brachyurus* (Pfinal), fator de reprodução (FR), porcentagem de redução do fator de reprodução (PR) em relação ao padrão de suscetibilidade e tipo de reação apresentada pelos acessos e cultivares inoculados com *P. brachyurus*.

Acesso/Cultivar	Pfinal ¹	FR	PR	Reação ²
<i>Brachiariaruziziensis</i>	2546 c*	2,55	75,48	PR
<i>B. brizantha</i> cv. BRS Piatã	4079 b	4,08	60,77	PR
<i>B. humicola</i> cv. BRS Tupi	977 c	0,98	90,58	MR
<i>B. brizantha</i> cv. BRS Paiaguás	4776 b	4,78	54,04	PR
B4 (<i>B. brizantha</i>)	5320 b	5,32	48,85	S
<i>B. brizantha</i> cv. BRS Ipyporã	5810 b	5,81	44,13	S
<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	4016 b	4,02	61,35	PR
<i>P. maximum</i> cv. Massai	8149 b	8,15	21,63	AS
PM32 (<i>P. maximum</i>)	5766 b	5,77	44,52	S
PM36 (<i>P. maximum</i>)	8788 a	8,79	15,48	AS
PM45 (<i>P. maximum</i>)	9117 a	9,12	12,31	AS
PM46 (<i>P. maximum</i>)	5565 b	5,57	46,44	S
Milho BRS 2020	10401 a	10,4	padrão	AS
Milheto ADR 300	1329 c	1,33	87,21	MR
Coefficiente de variação (%)	35,9			

¹Médias de sete repetições, em um experimento realizado de maio a setembro de 2011. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%; para fins de análise, os dados foram transformados para $(x+1)^{1/2}$. ² AS =altamente suscetível à *P. brachyurus* (PR: 0-25%), S = suscetível (PR: 26-50%), PR = pouco resistente (PR: 51-75%); MR = moderadamente resistente (PR: 51-95%), R = resistente (PR: 96-99%) e AR ou I = altamente resistente ou imune (PR: 100%). Adaptado de Queiróz *et al.* (2014).

A integração lavoura-pecuária aumenta a atividade biológica do solo em decorrência da reposição e/ou manutenção da matéria orgânica no solo, restaurando a atividade de microrganismos benéficos que controlam fitopatógenos do solo, induzindo a supressividade. Entre essas, encontram-se espécies de *Trichoderma* spp. e formas não patogênicas de *Fusarium oxysporum*, os quais exercem o antagonismo à fitopatógenos como *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp. e *Sclerotinia* spp., por meio do parasitismo e/ou antibiose (Aytoun, 1953; Durrell, 1966; Rai, Singh e Singh, 1980; Slagg e Fellows, 1947).

O *Trichoderma* spp. é o microrganismo mais estudado, e um dos precursores no controle biológico. Contudo, além da atividade de biocontrole, o gênero tem

apresentado sucesso como agentes promotores de crescimento em plantas, na melhoria da germinação e sanidade de sementes (Ethur *et al.*, 2006).

Em quatro diferentes rotações de cultura, sob sistema de plantio direto, a população de *Trichoderma* spp. foi a maior no Sistema Santa Fé e a menor na rotação milho/feijão. Assim, o agente de biocontrole foi beneficiado pela presença de *Brachiaria*. No que concerne a este sistema, a *Brachiaria* em consórcio com o milho, a ser utilizada posteriormente como palhada, pode ao longo dos anos, ou com o seu uso contínuo, induzir a supressividade geral de *F. solani* e o aumento de *Trichoderma* spp. (Corrêa *et al.*, 2008). Essa relação antagônica de *Trichoderma* spp. contra o patógeno *Fusarium* spp., também foram evidenciadas em solo rizosférico de raízes de plantas de soja com e sem sintomas de síndrome da morte súbita (Milanesi *et al.*, 2013).

Em ensaio conduzido em Jataí (GO) foi relatado a eficiência do controle biológico de *S. sclerotiorum* com *Trichoderma harzianum* e a interação entre agente de controle biológico com a palhada de braquiária (*B. ruziziensis*) (Görgen *et al.*, 2008). Os autores observaram que cerca de 97% dos escleródios obtidos na camada superficial da área com palhada estavam colonizados por *Trichoderma* spp. (Tabela 5), favorecido pelo microambiente proporcionado pela palhada.

TABELA 5. Porcentagem de escleródios mortos, parasitados por *Trichoderma* spp. e por outros fungos, em solo coberto ou não com *B. ruziziensis*, com ou sem aplicação de *T. harzianum* ‘1306’.

Condição	% de escleródios mortos	% de parasitismo de escleródios por <i>Trichoderma</i> spp.	% de parasitismo de escleródios por outros fungos	Apotécios/m ² formados em campo
Sem <i>B. ruziziensis</i>	41,91 b	44,70 b	22,63 a	18,15 a
Com <i>B. ruziziensis</i>	80,1 a	97,07 a	19,08 a	2,00 b

*Após aplicação de uma formulação de *Trichoderma harzianum* ‘1306’ em suspensão oleosa com 2×10^9 esporos viáveis / mL.

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey (5%). Adaptado de Görgen *et al.* (2008).

Em sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) a presença do componente arbóreo favorece a sobrevivência de fungos entomopatogênicos encontrados naturalmente no solo (Matiero, 2015). Reduz população de *Mahanarva spectabilis*, a qual é a principal praga em pastagens de *Brachiaria*, em especial a *Brachiaria brizanta* cv. Marandu, que é altamente suscetível.

Diferentes sistemas produtivos (integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); sistema Santa Fé; floresta em monocultivo de eucalipto; e pastagens em monocultivo de braquiária) influenciam a antropodofauna de predadores associados ao solo, no estado do Mato Grosso. Entretanto, o sistema de ILPF foi o mais favorável para a frequência e riqueza de artrópodes predadores (Barros, 2016).

Com relação aos insetos, os sistemas de produção integrada, geram benefícios e contribuições ecológicas e ambientais por promover a biodiversidade e favorecer novos nichos e habitats para os inimigos naturais (Balbino et al. 2012). No estado do Mato Grosso, o sistema de ILPF foi verificado como o mais favorável para a frequência e riqueza de artrópodes predadores quando comparado a lavoura em monocultivo de soja no verão e cultivo subsequente de milho consorciado com braquiária, floresta em monocultivo de eucalipto, e pastagem em monocultivo de braquiária (Barros, 2016). Da mesma forma, Martiero (2015) verificou que a presença do componente arbóreo, utilizado na ILPF favorece a sobrevivência de fungos entomopatogênicos encontrados naturalmente no solo.

Entre as pragas presentes na cultura da soja, infestação de *Plusinae* é menor em sistemas produtivos integrados e maior em soja sobre monocultivo (Pitta et al., 2014)

Produção de grãos em sistemas integrados

Estudando sistemas integrados, Magalhães et al. (2017) avaliaram a produtividade de grãos em cinco sistemas de produção: 1) lavoura (Lav.): soja na safra seguida de milho + braquiária na safrinha, sem entrada de animais (Figura 2); 2) integração lavoura-pecuária (ILP): soja na safra seguida de *Brachiaria brizanta* cv. Marandu (pastejo de abril a setembro); 3) integração lavoura-floresta (ILF): soja na safra seguida de milho + braquiária na safrinha, sem entrada de animais; 4) integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF1): soja na safra seguida de milho + braquiária na safrinha, porém sem entrada de animais - nesse sistema houve entrada de animais de fevereiro a setembro de 2015; 5) integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF2): soja na safra seguida de milho + braquiária na safrinha, com entrada de animais após a colheita do milho, com pastejo por aproximadamente 60 dias. Os sistemas com o componente florestal (linhas triplas de eucaliptos no espaçamento 3,0 x 3,5 x 30 m - densidade de 270 árvores por hectare) foram estabelecidos em novembro de 2011. No início da safra 2015/2106 os eucaliptos estavam com 4 anos de idade (altura média de 15,5 m e DAP médio de 15,5 cm). As linhas de eucalipto foram plantadas seguindo orientação leste-oeste.



FIGURA 2. Aspecto da palhada nos sistemas ILP e ILPF1, no dia da semeadura da soja, safra 2015/2016.

De acordo com Magalhães et al. (2017), apenas a partir do quarto ano que os sistemas integrados com árvores apresentaram redução na produtividade da soja, em que apenas o sistema ILF apresentou redução de 18,2% em relação a Lav. Na quinta safra (2015/2016; Figura 3), o sistema ILPF também apresentou produtividade inferior (redução de 24% em relação ao Lav.). Entretanto, o sistema ILPF2, considerado o mais intensivo, não diferiu na produtividade de soja dos sistemas sem árvores, em nenhum dos cinco primeiros anos. Na comparação entre os sistemas com e sem árvores, as reduções de produtividade de grãos de milho foram de 19% na terceira safra, 37% na quarta safra, e 36% na quinta safra (2015/2016; Figura 4).

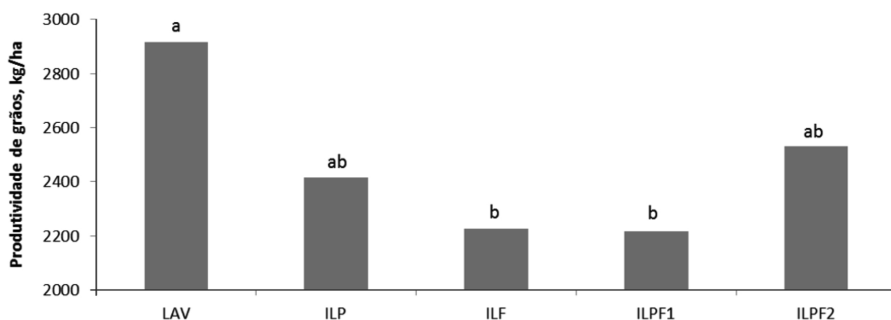


FIGURA 3. Produtividade de grãos de soja em cinco sistemas de produção (safra 2015/2016).

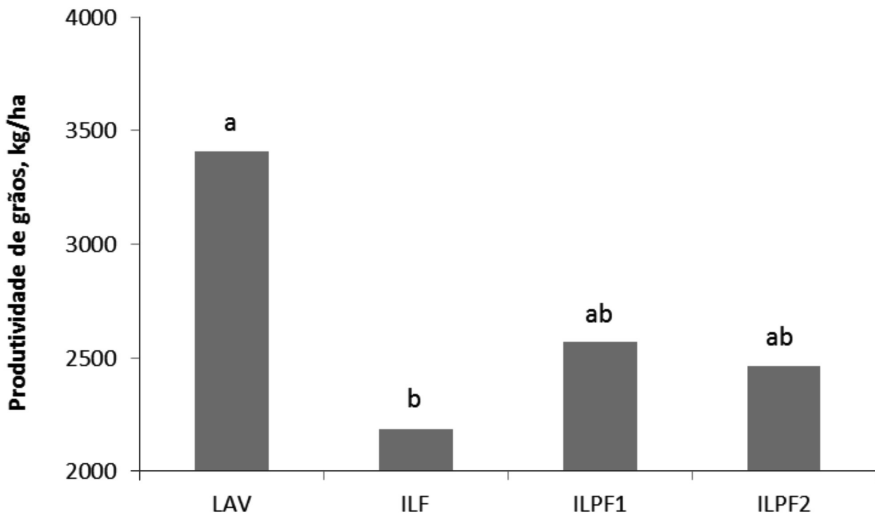


FIGURA 4. Produtividade de grãos de milho em dois sistemas de integração (safra 2015/2016).

A produção animal em sistemas de integração lavoura-pecuária

O pastejo é o processo de busca, seleção e captura da forragem na pastagem em sucessivos bocados, que passam por decisões quanto à seleção da espécie e parte da planta a ser ingerida nos sítios de pastejo (Carvalho e Moraes, 2005). Assim, as decisões tomadas no processo de condução do pastejo são muito importantes, fundamentais para alcançar a máxima eficiência no manejo do pastejo em sistemas integrados. Nesse caso, a definição da meta de pastejo, deve ser tomada com base na altura do dossel, oferta de forragem, entre outros, pois são parâmetros que influenciam a taxa de lotação, resultando na determinação da quantidade de animais por unidade de área e/ou na distribuição destes animais na área, dependendo do método de lotação empregado (e.g., contínuo e intermitente) (Carvalho *et al.*, 2007).

O método de lotação, bem como a taxa de lotação exercida no sistema ILP promove modificações morfofisiológicas no dossel forrageiro, resultando em um maior ou menor *turno verde* tecidos da parte aérea e de raízes, impactando da produtividade agrícola subsequente. Ponto importante, visto que as raízes são fundamentais para a estruturação da física e ciclagem de nutrientes em solos com revolvimento mínimo (Carvalho *et al.*, 2010).

De modo geral, os sistemas de produção animal, sejam em monocultivo ou em ILP, trabalham com elevada taxa de lotação, em que, o número de animais utilizados é maior que a capacidade produtiva do pasto. Consequentemente, em sistemas de integração, a elevada taxa de lotação incide sobre ambas as fases do sistema,

pastagem e lavoura, podendo aumentar o tempo para o acabamento dos animais em terminação (Aguinaga *et al.*, 2006), devido a redução do desempenho individual dos animais e menor cobertura de palha no solo para o plantio direto subsequente. Além disso, a elevada taxa de lotação pode ocasionar maior incidência de plantas invasoras e menor retenção de água no solo devido a menor cobertura do solo e densidade de perfilhos, por conseguinte, reduz o volume de raízes que são responsáveis por formar macro poros no solo, utilizados para a infiltração e retenção da água no solo. A baixa cobertura do solo também expõe o solo ao pisoteio dos animais, causando uma compactação superficial o que também reduz a infiltração de água.

Deste modo, a maior taxa de lotação restringe a seleção da forragem e aumenta o número de estações alimentares, forçando o animal a caminhar mais, aumentando o seu gasto energético o que pode reduzir desempenho individual, compensado pelo maior desempenho por área (Figura 5a). No entanto, a lavoura subsequente pode ser influenciada a medida em que aumenta deslocamento dos animais por busca e apreensão do alimento, visto que o maior caminhar aumenta o número de impactos do casco no solo e da área potencialmente impactada (Figura 5b).

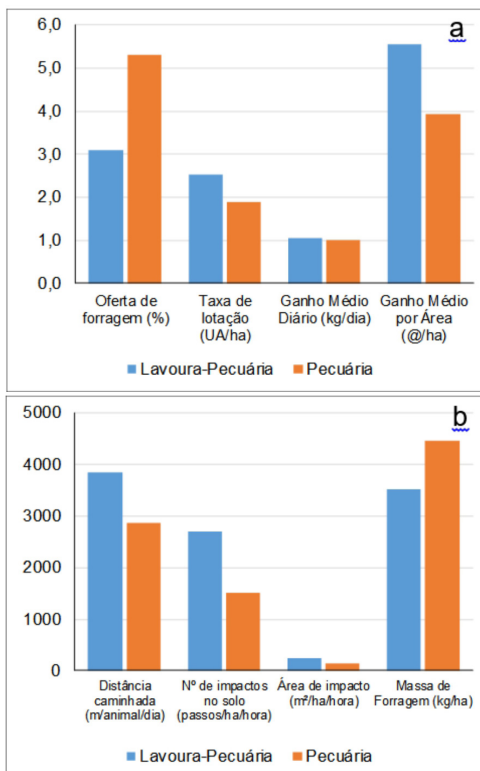


FIGURA 5. Desempenho (a) e padrões de deslocamento (b) de novilhos em pastagem em sistema de integração lavoura-pecuária e pecuária. Os dados foram calculados a partir de Domiciano *et al.* (2016), considerando uma área de impacto de 0,09 m²/casco como sugerido por Di *et al.* (2001). Os dados foram calculados considerando o deslocamento decorrente do período de 24 horas (medido por GPS), envolvendo o deslocamento em pastejo e outras atividades.

Sistemas integrados são altamente dinâmicos e as ações tomadas sobre um componente do sistema reflete de modo proporcional aos demais. Deste modo, os efeitos da confluência de diferentes parâmetros afetados pela natureza do manejo convergem para um objetivo comum: aumento da produtividade.

De acordo com Silva (2017), o capim-marandu manejado sob lotação continua com taxa de lotação variável pode ter o acúmulo de forragem (AF) aumentado em até 60,4% no primeiro ano de utilização de um pasto após dois anos de lavoura (soja na safra e milho na safrinha), quando comparado o sistema de pecuária com o lavoura-pecuária. Esse aumento permitiu um ganho de 19,2% na taxa de lotação (TL) e de 23,8% no ganho médio diário (GMD) dos animais. Isso demonstra o potencial de aumento nas variáveis de produção animal, o que resultou em 729 kg/ha de ganho em peso por área (GPA), índice 29,9% maior do que o GPA do sistema pecuária (561 kg/ha; Tabela 6). Importante ressaltar que esse índice registrado no sistema pecuária é muito acima da média nacional que é de 120 kg/ha (ABIEC, 2017). Nesse caso, os GPA com a ILP podem ser até seis vezes maiores do que a média do Brasil. Resultados como este ressaltam a importância do potencial de aumento na produção animal quando os sistemas são integrados.

TABELA 6. Acúmulo de forragem (AF), ganho em peso médio diário (GMD), ganho em peso por área (GPA), taxa de lotação média (TL) em diferentes sistemas de produção em Sinop/MT.

Variáveis	Sistemas	
	P	ILP
AF (kg/ha)	13410 b	21520 a
GMD (g/dia)	554 b	686 a
TL (kg/ha)	981 b	1170 a
GPA (kg/ha)	561 b	729 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não se diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância.

Conservação de solo e água em sistemas integrados de produção

O crescimento da população mundial, desenvolvimento econômico e consequente aumento na demanda por alimentos (FAO, 2009), tem resultado em grande pressão sobre os recursos naturais solo e água (Zolin e Rodrigues, 2015) e, em alguns casos, levado ao processo de degradação destes recursos.

Neste contexto, a erosão hídrica se destaca como um dos grandes problemas que ocasiona o empobrecimento dos solos brasileiros, gerando grandes impactos econômicos e ambientais (Rieger *et al.*, 2016). Tal degradação é decorrente, de forma geral, da interferência antrópica, devido a modificação das condições naturais o que,

por sua vez, altera a estrutura original do solo e favorece o escoamento superficial, bem como o carreamento de sedimentos e nutrientes que podem acarretar tanto o assoreamento quanto a eutrofização dos corpos d'água (Cruz, 2006).

Importante observar que a avaliação das perdas de solo e água assume papel de destaque na escolha e adoção de práticas de manejo que visem reduzir a degradação do solo (Martins *et al.*, 2003), e os sistemas de preparo/manejo do solo são cruciais no controle da erosão hídrica.

De uma forma geral, em sistemas convencionais há uma maior mobilização do solo, o que afeta sua estrutura e estabilização, fazendo com que o solo fique mais vulnerável aos processos erosivos. Por outro lado, o manejo da cobertura do solo em função dos resíduos culturais deixados na superfície tem efeito direto na redução da erosão hídrica, devido a diminuição da energia da chuva, favorecendo a infiltração de água (Cogo *et al.*, 2003).

No Brasil, embora exista ampla literatura sobre perda de água e solo, poucos são os estudos relacionados a esse tema em sistemas integrados, como por exemplo, sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta. Adicionalmente, regiões de expansão agrícola, tais como a região de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado, no estado de Mato Grosso, carecem de melhor entendimento dos aspectos relacionados à perda de água e solo em diferentes configurações de uso e cobertura do solo (Rieger *et al.*, 2016).

Rieger *et al.* (2016) determinaram as perdas de solo e água após os eventos de chuva que geraram escoamento superficial, entre novembro de 2012 a maio de 2015, em um sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com o componente arbóreo o *Eucalyptus urograndis* clone h13 em consórcio com soja (1ª safra) e milho (sucessão - 2ª safra); e em lavoura (Lav.) com sucessão soja (1ª safra) e milho (sucessão - 2ª safra).

Nos anos 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 a precipitação total foi de 2.210, 2.269 e 1.730 mm respectivamente. De forma geral as maiores precipitações ocorreram nos meses de janeiro a março dos três anos, com exceção de dezembro de 2013 onde ocorreu a maior precipitação mensal da série apresentada (676 mm). A soma do escoamento superficial durante o período avaliado foi de 108,43 mm para o tratamento ILPF e de 157,23 mm para o tratamento LV (Figura 6a).

O escoamento superficial foi 45% superior na lavoura do que na ILPF, indicando o efeito positivo do componente arbóreo para a redução da perda de água. Brito *et al.* (2005) associa menores perdas de água em floresta ao efeito sinérgico da interceptação da floresta, acúmulo de restos vegetais e melhor estruturação do solo em função do sistema radicular das árvores.

A perda total de solo foi de 0,647 Mg ha⁻¹ e 2,26 Mg ha⁻¹, respectivamente, para os sistemas ILPF e lavoura (Figura 6b). Isso significa que no sistema integrado de produção a perda de solo foi 349% menor quando comparada a lavoura, indicando, mais uma vez, o potencial dos sistemas ILPF para a redução da perda de solo. Martins *et al.* (2003) e Brito *et al.* (2005) verificaram que em sistemas com eucalipto os

valores de perda de solo são baixos, em relação ao limite de tolerância. O limite de tolerância de perda para o solo do presente estudo (Latossolo Vermelho distrófico típico) era de 11,22 Mg ha⁻¹ por ano.

Esses resultados indicam o potencial de sistemas integrados em reduzir o escoamento superficial e as perdas de solo. Importante destacar também que outro fator relevante, ainda a ser estudado, são as perdas de nutrientes associadas ao solo erodido. Essa informação é crucial para o melhor entendimento de como os efeitos sinérgicos dos sistemas integrados contribuem, ou não, para a redução das perdas de nutrientes.

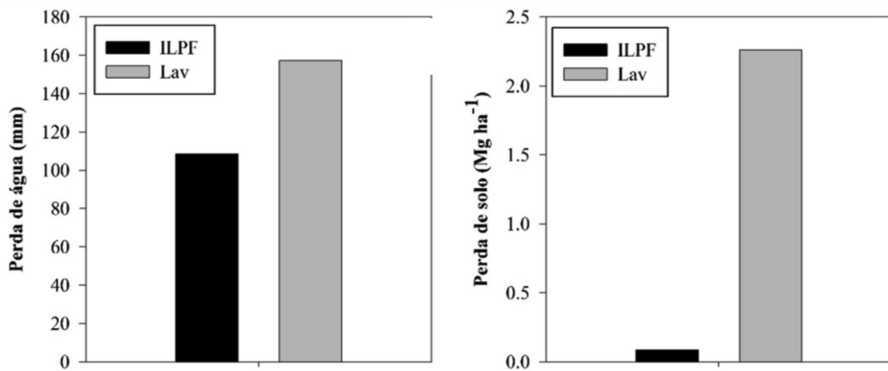


FIGURA 6. Perdas de água (a) e solo (b) em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e lavoura (Lav).

Estoque de carbono em sistemas integrados de produção

Os solos contêm o maior reservatório de carbono da superfície terrestre (Neff *et al.*, 2002). De acordo com Schimel (1995), em uma escala global, a matéria orgânica do solo (MOS) contém ≈1580 Gt de carbono, contra ≈610 Gt na vegetação terrestre, ≈750 Gt na atmosfera e 1020 Gt no oceano. A quantidade de carbono orgânico contida em um solo é função do equilíbrio entre a taxa de deposição de resíduos da vegetação no solo e a taxa de mineralização de carbono do resíduo pela biota do solo (Baldock & Nelson, 1999). Este balanço é especialmente importante em solos altamente intemperizados, como solos de regiões de clima tropical, onde a MOS desempenha um papel importante na sustentabilidade dos sistemas agrícolas devido aos benefícios na melhoria dos atributos do solo e no crescimento das plantas (Maciel *et al.*, 2011).

De acordo com Post e Kwon (2000), os fatores e processos que determinam a dinâmica da MOS incluem aqueles que promovem a síntese da MOS a partir das entradas orgânicas e aqueles que diminuem a MOS, via decomposição/mineralização. O declínio do carbono do solo após o cultivo é parcialmente atribuído à redução nas entradas de carbono, e ao aumento na decomposição da MOS como uma consequência do manejo do solo.

Alterações no uso do solo podem atuar como dreno ou fonte de carbono atmosférico, dependendo do sistema de manejo adotado. De acordo com FAO (2009), as principais causas da degradação das pastagens no mundo ocorrem devido ao manejo inadequado e ao uso de taxas de lotação que excedam a capacidade da planta forrageira se recuperar. No Brasil, além da superlotação, a ausência de adubações periódicas de manutenção, falhas no estabelecimento das pastagens, uso do fogo e problemas como o ataque de pragas e insetos, são apontados como as principais causas da degradação (Dias Filho, 2014).

A fim de reverter ou deter a perda líquida de carbono, a adoção de práticas conservacionistas, como a substituição monocultivo por sistemas integrados, como a ILP, associados ao sistema plantio direto com rotação de culturas, podem ser estratégias eficientes de mitigação desses efeitos. De acordo com Tichit *et al.* (2011), integrar atividades adicionais ao sistema de produção promove a diversidade biológica do solo e a autossuficiência do sistema, quando comparados com sistemas especializados de produção, além de trazer benefícios econômicos (Wilkins, 2008).

Na Amazônia brasileira, a transição de monocultivos para sistemas integrados de produção proporciona o acréscimo na produtividade, reduz as emissões de gases do efeito estufa e promove maior resiliência na área (Bonaudo *et al.*, 2014). O aumento dos estoques de carbono do solo está relacionado com o aumento da fertilidade do solo e, por conseguinte, com um sistema de manejo mais sustentável (Baldotto *et al.*, 2015). Contudo, ainda há muito que se estudar sobre os efeitos da conversão das terras naturais para usos agrícola ou pastoril no que se refere aos estoques de carbono no solo (Batlle-Bayer *et al.*, 2010).

De forma geral, a utilização de sistemas integrados, associados a práticas de manejo conservacionistas, com a utilização do sistema plantio direto, consórcios e rotações de culturas, proporciona aumento do aporte de resíduos, aumenta a cobertura do solo com consequente redução da temperatura. Já a ausência de revolvimento do solo contribui para maior agregação do solo e por consequência aumenta a proteção da MOS reduzindo as perdas pela decomposição microbiana.

Avaliando o efeito de sistemas ILP e ILPF, Gregolin (2017) observou que, após quatro anos agrícolas, a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) foi capaz de acumular quantidades de carbono no solo similares aos observados em área de mata nativa. Os experimentos foram conduzidos em Latossolo Vermelho-Amarelo na região de transição Cerrado/Amazônia localizada no norte do estado de Mato Grosso. O trabalho avaliou uma área com integração lavoura-pecuária (ILP) e duas áreas com integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), sendo uma delas com renques

de árvores espaçados em 50 metros (ILPF-50) e outra em 15 metros (ILPF-15). Os resultados mostraram que após dois anos de lavoura de feijão-caupi e milho seguidos de dois anos de pastagem com capim-piatã, tanto a ILP quanto ILPF-50 apresentaram estoques de carbono similares aos observados na área de mata nativa (Figura 7).

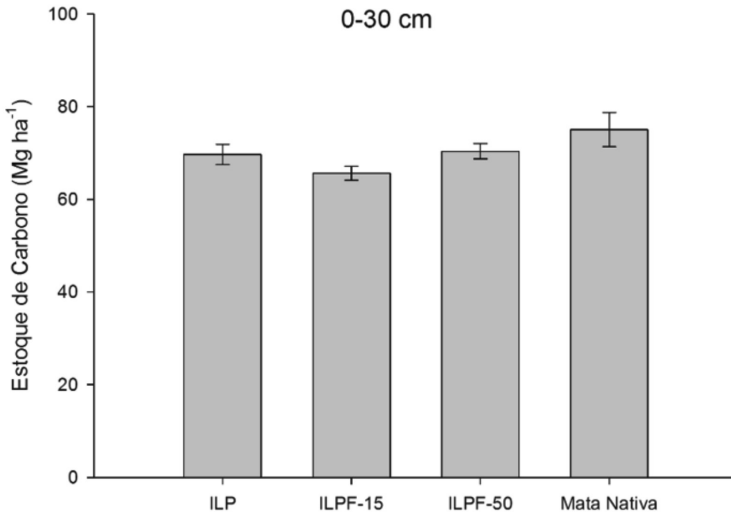


FIGURA 7. Estoques de carbono no solo na camada de 0-30 cm, em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), e integração lavoura-pecuária-floresta com renques de árvores espaçados em 50 (ILPF-50) metros e em 15 metros (ILPF-15). Adaptado de Gregolin (2017).

Os maiores estoques foram observados para ILPF-50 e ILP com valores de 70,4 e 69,7 Mg ha⁻¹. Embora a área com ILPF-15 não tenha alcançado estoque similar ao da mata, este tratamento apresentou valor de estoque de carbono no solo igual a 65,5 Mg h⁻¹. Comparados aos valores iniciais, esses valores representam um acúmulo médio anual de 0,2, 1,0 e 1,4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para ILPF-15, ILP e ILPF-50, respectivamente. O autor atribuiu a alta capacidade de acúmulo de carbono pelos sistemas integrados ao maior aporte de resíduos vegetais, associada a adoção de práticas conservacionistas que favorecem o acúmulo e a preservação do carbono no solo. Lal (2006) considera que áreas sob pastagens bem manejadas na região amazônica podem acumular, em média, 0,27 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de carbono os primeiros 30 cm do solo. Esses resultados demonstram o grande potencial de sequestro de carbono no solo sob sistema integrado, indicando-o como uma importante estratégia para a produção sustentável contribuindo para a melhoria da qualidade do solo e para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

Emissões de óxido nitroso em sistema de integração lavoura-pecuária

O aumento da emissão de gases de efeito estufa (GEE) e consequente aquecimento global do planeta vêm acarretando a busca por estratégias que visem à redução das fontes destes gases. Sabe-se que alguns usos da terra e condições de manejos adotados podem potencializar ou mitigar a emissão de GEE para a atmosfera (Carvalho *et al.*, 2010). É iminente a preocupação em aumentar a produção de alimentos, de forma qualitativa, a fim de atender a demanda de consumo da população mundial. Nesse sentido, buscam-se encontrar sistemas de uso do solo mais eficientes e sistemas que tenham capacidade de produzir mais alimentos (grãos, carne, fibra, leite, etc.) com menor impacto ao ambiente e com maior aceitação mundial (Piva, 2012).

No Brasil, a mudança de uso e manejo da terra vem ocorrendo de forma dinâmica e com elevada intensidade, sobretudo nos biomas Amazônia e Cerrado, o que pode resultar em fonte ou dreno de GEE para atmosfera. Áreas sob vegetações nativas estão sendo ocupadas por pastagens e agricultura, as quais emitem quantidades consideráveis de GEE, principalmente devido ao desmatamento e queima da biomassa aérea (Carvalho *et al.*, 2010).

Dessa forma, a implantação de sistemas produtivos ambientalmente mais coerentes, como a integração lavoura-pecuária, podem ser de grande importância para o desenvolvimento de sistemas mais sustentáveis, sendo necessário aplicar técnicas adaptadas a cada tipo de cultivo e local, visando garantir a máxima funcionalidade da terra (Guerra, 2014).

Com o objetivo de avaliar as emissões de N_2O nos primeiros anos de implantação de um sistema ILPF, um estudo foi conduzido na Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop-MT. Foram avaliados os tratamentos floresta de eucalipto (F), lavoura (L), pecuária (P), ILP, IPL. No sistema ILP, foram efetuados dois anos de lavoura soja-milho, nos primeiros dois anos do sistema (safra 2012/2013), e nos dois anos posteriores (safra 2013/2014), implantado a pastagem com *Brachiaria brizantha*. Já O IPL, nos dois primeiros anos, foi implantado braquiária na área (safra 2012/2013), e nos dois anos posteriores (safra 2013/2014), plantado soja na safra e milho consorciado com pasto na safrinha. Os sistemas exclusivos, referentes a floresta de eucalipto (*Eucalyptus urograndis* clone H13), lavoura (soja no verão + milho safrinha consorciado com pasto), e pasto com *Brachiaria brizantha*, respectivamente, foram utilizados como referência para a avaliação e comparação.

Comparação dos fluxos de N_2O para todos os sistemas estudados

Nos meses da estação chuvosa, a lavoura e o sistema IPL foram os que possuíram as maiores médias de fluxos de N_2O . Na lavoura ocorreram os maiores fluxos, em relação aos outros sistemas no mês de janeiro, enquanto na IPL ocorreram de novembro até o mês de janeiro. A floresta de eucalipto, pecuária e ILP não

apresentaram fluxos elevados na estação chuvosa quando comparados a lavoura e a IPL. A partir do mês de maio, início da estação seca, apresentam os menores fluxos de N_2O . Para o mês de outubro, houve um aumento nos fluxos dos tratamentos, o que representou também a transição da estação seca para chuvosa.

Os altos fluxos, na estação chuvosa, podem estar associados a maior exposição a ação das intempéries climáticas nos sistemas de lavoura e IPL. Como sugerido por Ciampitti (2008), estes elevados fluxos também devem ser resultado da decomposição de resíduos, associado com a concentração de nitrogênio no solo. Os sistemas de IPL e lavoura, além de possuir soja nos meses referentes aos maiores fluxos, possuíam ainda a palhada da braquiária. De acordo com Lima (2013), a palhada gera o aumento da decomposição desses resíduos vegetais, aumenta a atividade microbiana e consequentemente a emissão de N_2O . Os maiores fluxos de N_2O ocorrem na presença de cobertura vegetal quando formados por palhada de braquiárias, justificando a maior emissão nos sistemas IPL e lavoura.

Conforme Kin *et al.* (2010), o excesso de N de entrada acima da taxa de absorção pelas plantas pode ser um fator contribuinte para a emissão de N_2O . Gomes *et al.* (2009) explicam que os fluxos estão diretamente relacionados aos teores de N no material vegetal, ou seja, a relação (C/N) dos resíduos, e que as emissões são maiores em sistemas manejados com culturas leguminosas (<C/N). O fator relacionado as condições de umidade e elevada temperatura do solo, fazem com que haja intensa atividade microbiológica no solo que acelera o processo de decomposição da matéria orgânica, afetando consequentemente a dinâmica do N. Dessa forma os sistemas de lavoura e IPL por possuírem a leguminosa (soja) e a palhada da braquiária, apresentam maiores fluxos de N_2O .

O sistema ILP, na estação chuvosa, era composto de pastos de braquiária, assim como a sistema pecuária, ou seja, apresentavam uma alta produção de forrageira, configurando maior proteção ao solo. O mesmo acontece com a floresta, em que o componente florestal diminui a compactação e a erosão, reduz o efeito erosivo do vento (Amador, 2003). A cobertura vegetal contribui para a diminuição das perdas causadas pelo processo de erosão hídrica, atuando na proteção do solo, com isso evitando maiores fluxos de N_2O (Guadagnin *et al.*, 2005).

De maneira geral, a umidade do solo é um dos fatores que mais interferem nos fluxos de N_2O nos sistemas (Neto *et al.*, 2011). Os menores fluxos e, consequentemente, as menores médias, ocorreram na estação da seca. Os altos fluxos podem ser causados pelos maiores e mais estáveis conteúdos de água do solo, em que existe maior evapotranspiração (Alvarez, 2014).

Assim, de acordo com Braga *et al.* (2011), o elevado fluxo do gás é ocasionado pelo aumento na quantidade de porosidade preenchida por água (PPA) e, consequente, diminuição no O_2 disponível. Para Bateman e Baggs (2005), isto favorece a formação de ambientes anaeróbicos no solo, aumentando as atividades de desnitrificação e, consequentemente, resultando em maior quantidade de N_2O emitido para a atmosfera (Davidson *et al.*, 2000).

Nos meses de seca (maio a setembro), houve decréscimo dos fluxos em todos os sistemas. Nesses meses, enquanto a lavoura e IPL possuíam milho no sistema, seguido com a braquiária de junho a outubro, os fluxos foram menores quando comparados aos meses anteriores.

Nessa época, também, foram registrados os menores fluxos na pecuária, ILP e floresta de eucalipto. Os baixos fluxos podem ser explicados pela relação C/N desses sistemas. Pacheco (2014) afirma que o uso de culturas com alta relação C/N, faz com que a atividade microbiana do solo diminua, o que normalmente ocorre com gramíneas. Consequentemente, essa diminuição da atividade microbiana reduz os fluxos de N_2O . Além disso, a diminuição dos fluxos pode ser relacionada a diminuição de PPA e temperatura do solo (Corrêa, 2014), características registradas nessa época.

Outro fator que interfere na emissão de N_2O é a aplicação de fertilizantes nitrogenados. Assim, o manejo inadequado de dose, fonte, época de aplicação e localização do fertilizante nitrogenado e a ausência de um balanço adequado com outros nutrientes podem intensificar as perdas de nitrogênio (N) e a emissão de N_2O (Vieira *et al.*, 2010).

Para este experimento, a lavoura e IPL tiveram adubação com ureia (300 kg/ha) no dia 28 de março e até dezessete dias (14 de abril) após a aplicação notou-se diferenças entre os dois sistemas. Enquanto que na lavoura houve um pequeno aumento nas emissões. De acordo com Signor (2010), os fatores de emissão de N_2O aumentam quando se adiciona ureia como fertilizante, resposta que pode ser tão maior quanto for a dose de N. Além dessas considerações, é importante observar como o efeito da adubação nitrogenada interage com outros fatores que também afetam a emissão de N_2O , como umidade e textura do solo (Signor, 2010).

A temperatura do solo é um fator que pode influenciar a emissão de N_2O . A temperatura determina as taxas nas quais os microrganismos realizam os processos de nitrificação e desnitrificação. Em temperaturas amenas, em torno de 5°C, as emissões de N_2O são próximas a zero (Zhang e Han, 2008), assim a taxa de conversão de compostos nitrogenados é baixa, aumentando à medida que a temperatura também aumenta (Signor, 2010). Segundo Schidbacher *et al.* (2004), a emissão de N_2O aumenta, pois, os processos enzimáticos são facilitados.

Os fluxos médios anuais de N_2O em sistemas de floresta de eucalipto e sistemas com a pecuária representaram as menores médias anuais de fluxo de N_2O , com média -0,94 $\mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ e 1,4 $\mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, respectivamente. Estes sistemas são propensos à baixas emissões e com grandes influxos do gás da atmosfera para o solo (Figura 8). Enquanto ILP, lavoura e IPL apresentaram diferenças aos outros dois sistemas, com médias de 6,85 $\mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, 11,66 $\mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ e 15,26 $\mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Essas são as maiores médias anuais de emissões de N_2O com poucos influxos.

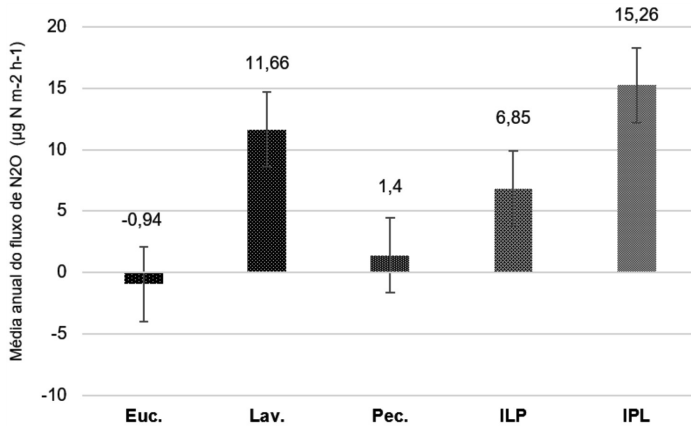


FIGURA 8. Média dos fluxos de N₂O em floresta de eucalipto (Euc.), lavoura (Lav.), pecuária (Pec.) e em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e pecuária-lavoura (IPL). Barras verticais representam o desvio em relação à média.

Ao comparar o fluxo acumulado de N₂O em todos os sistemas, identifica-se que a floresta de eucalipto foi a que obteve menor fluxo acumulado do gás, com um valor próximo a zero, de 10,41 µg N m⁻² h⁻¹ seguido de 136,63 µg N m⁻² h⁻¹ do sistema pecuária. Já a ILP obteve um valor de N₂O acumulado aproximadamente 4 vezes maior que a pecuária, com 563,36 µg N m⁻² h⁻¹, enquanto que a lavoura com 991,01 µg N m⁻² h⁻¹. A IPL apresentou o maior valor de fluxo acumulado com valor de 1221,25 µg N m⁻² h⁻¹ (Figura 9).

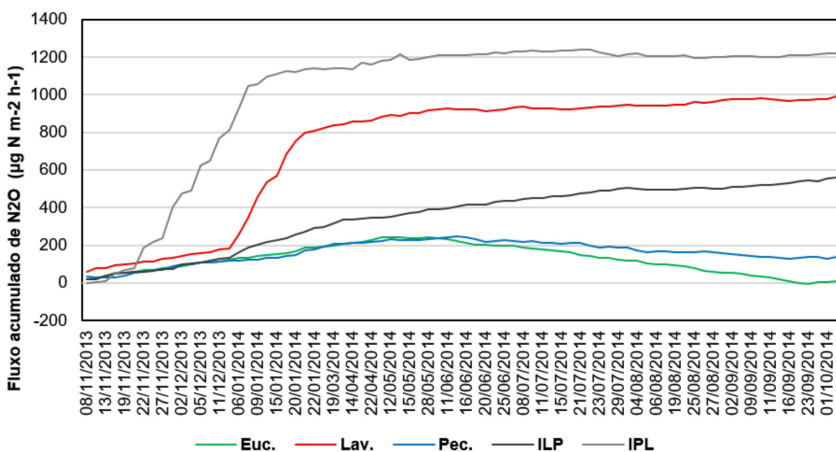


FIGURA 9. Fluxo acumulado de N₂O em todos os sistemas.

Os sistemas ILP e pecuária, e a floresta de Eucalipto apresentaram os mais baixos fluxos acumulados, sugerindo-os como sistemas recomendados para se obter menores emissões de N_2O , por mais que em alguns momentos houvesse fluxos negativos do gás, os fluxos positivos foram superiores. Assim, todo o gás que foi emitido pelo sistema, consequentemente não foi consumido na mesma proporção pelo solo, gerando valores de fluxo acumulado maiores que zero, e consequentemente, os sistemas avaliados não servem como dreno final de N_2O .

A busca por sistemas mais eficiente é uma necessidade para a agropecuária mundial, e sistemas que possam emitir menos e produzir mais devem ser mais explorados. Nesse sentido, os sistemas que apresentem pastagens bem manejadas, como o sistema pecuária e os integrados podem ser alternativas para o futuro da produção de alimentos com mais eficiência e menor emissão de GEE.

Considerações finais

Os sistemas integrados são mais uma ferramenta a disposição do setor produtivo, embora seja uma forma mais complexa de explorar a produção agrícola. O maior impacto está na possibilidade de unir a produção de grãos com a produção de carne, o que oferece alternativas com potencial de aumentar a produtividade e melhorar a estabilidade econômica do negócio. Com o benefício de, agora, o agropecuarista ter maior poder na tomada de decisão sobre o destino da produção. Além disso, existe a possibilidade de redução do uso de agroquímicos em razão da quebra dos ciclos de pragas, doenças e plantas invasoras.

Produzir mais e melhor, com menos insumos e com menor utilização dos recursos naturais não é mais uma alternativa, mas uma necessidade. Nesse cenário, os sistemas de integração lavoura-pecuária podem colocar o Brasil na condição de grande produtor de alimentos com reduzido impacto ambiental.

Referências Bibliográficas

ABIEC (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras). Perfil da pecuária no Brasil. Relatório Anual. 2015.

Aguinaga AAQ, et al (2006) Produção de novilhos superprecoces em pastagem de aveia e azevém submetida a diferentes alturas de manejo. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, n. 4 SUPPL., p. 1765–1773.

Almeida ARP, Lucchesi AA, Abbado MR (1997) Efeito alelopático de espécies de *Brachiaria* Griseb. sobre algumas leguminosas forrageiras tropicais. II. Avaliações em casa de vegetação. Boletim de Indústria Animal, v. 54, n. 2, p. 45–54.

Álvarez LS (2014) Fluxos e balanço de gases de efeito estufa em solo do Uruguai afetado

por sistemas de manejo, 2014. 140 p. Tese de doutorado em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, BR.

Amador DB (2003) Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, p. 333 – 340.

Asmus GL, Cargnin RA (2005) Reação de culturas de cobertura a *Rotylenchulus reniformis*. Congresso Brasileiro de Nematologia. Anais...Piracicaba, SP: Sociedade Brasileira de Nematologia.

Aytoun RSC (1953) The Genus *Trichoderma*: Its relationship with *Armillaria Mellea* (Vahl ex Fries) Quel, and *Polyporus schweinitzh* Fr., together with preliminary observations on its ecology in woodland soils. Transactions of the Botanical Society of Edinburgh, v. 36, n. 2, p. 99–114.

Balbino LC, et al. Sistemas de integração: o que são, suas vantagens e limitações. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 256.

Balbino LC, Cordeiro LAM, Oliveira P, Kluthcouski J, Galerani PR, Vilela. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Informações Agronômicas, 138, 2012. 18p.

Baldock JA, Nelson PN (1999) Soil organic matter. In: Handbook of Soil Science. (ed M. Sumner), CRC Press, Boca Raton, FL, pp. B25-B84.

Baldotto MA, Vieira EM, Souza DO, Baldotto LEB (2015) Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. Revista Ceres. 62: 301-309.

Barros SKA (2016) Influência de sistemas produtivos sobre a comunidade de predadores epígeos. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Mato Grosso. Mato Grosso, MT, BR.

Bateman EJ, Baggs EM (2005) Contributions of nitrification and denitrification to N₂O emissions from soils at different water-filled pore space. Biology and Fertility of Soils, 41, p. 379–388.

Battle-Bayer L, Batjes NH; Bindraban PS (2010) Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. Agriculture, Ecosystem and Environment. 137: 47-58.

Berni RF, Silveira PMDA, Costa JLDAS (2002) Influência do preparo de solo e da rotação de culturas na severidade de podridões radiculares no feijoeiro comum. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 32, n. 2, p. 69–74.

Bonaudo T, Bendahan AB, Sabatier R, Ryschawy J, Bellon S, Leger F, Magda D, Tichiti M (2014) M. Agroecological for the redesign of integrated crop-livestock systems. European Journal of Agronomy. 57: 43-51.

Braga DM, Costa MKL, Pontes TL, Alves BJR, Shigaki F (2011) Volatilização de amônia e emissão de óxido nitroso em função da adubação com uréia e vinhoto em cana-de-açúcar. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo – CBCS, 33., 2011, Uberlândia. Anais... Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, v. 1, p. 1-3.

Brito LDEF, Silva MLN, Curi N, Leite FP, Ferreira MM, Pires LS (2005) Erosão hídrica de Latossolo Vermelho muito argiloso relevo ondulado em área de pós-plantio de eucalipto no Vale do Rio Doce, região Centro Leste do estado de Minas Gerais. *Scientia Forestalis*, v.67, p.27-36.

Carneiro RMDG, Carvalho FLC, Kulczynski SM (1998) Seleção de plantas para o controle de *Mesocriconea xenoplax* e *Meloidogyne* spp. através de rotação de culturas. *Nematologia Brasileira*, v. 22, n. 2, p. 41–48.

Carvalho JLN, et al (2010) Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, p. 277-289.

Carvalho PCDF, et al. Manejo de animais em pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária (A. de Moraes, Ed.) *International Symposium on International Crop-livestock Systems*. Anais...Curitiba, PR: UFPR, 2007. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/gpep/documents/capitulos/Manejo de animais em pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária.pdf>. Acessado em setembro, 2017.

Carvalho PCDeF, et al (2010) Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 88, n. 2, p. 259–273.

Carvalho PCDeF, Moraes ADE (2005) Comportamento ingestivo de ruminantes: bases para o manejo sustentável do pasto (U. Cecato & C. C. Jobim, Eds.) *Manejo Sustentável em Pastagem*. Anais...Maringá, PR: UEM.

Ciampitti LA, et al (2008) Nitroux oxide emissions form soil during soybean {*Glycine max* (L.) Merril} crop phonological stagens and stubbles decomposition period. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 44, n 4, p. 581- 588.

Civardi EA, Görgen CA, Cunha MG, Ragagnin VA, Lobo Junior M (2012) Influência da densidade de cultivo de *Brachiaria ruziziensis* sobre a germinação de apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum*. 6º Seminário Jovens Talentos. p.83. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/mobile/publicacoes/-/publicacao/941689/influencia-da-densidade-de-cultivo-de-brachiaria-ruziziensis-sobre-a-germinacao-de-apotecios-de-sclerotinia-sclerotiorum>. Acessado em setembro, 2017.

Cogo NP, Levien R, Schwarz RA (2003) Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. *RevBrasCienc Solo*. 2003; 27: 743-53. DOI: 10.1590/S0100-06832003000400019.

Corrêa CA, Oliveira PDe , Lobo Junior M, Silveira PMDa, Kluthcouski J (2008) Efeitos de rotações de cultura sob plantio direto sobre *Fusarium* spp. e *Trichoderma* spp. em cultivos de feijoeiro irrigado. In: Congresso nacional de pesquisa de feijão, 9. 2008, Campinas. Ciência e tecnologia na cadeia produtiva do feijão. Campinas: Instituto Agrônômico (IAC. Documentos, 85).

Corrêa RS (2014) Fluxos de N2O em sistema integração lavoura- pecuária no bioma cerrado: comparação entre a câmara estática e o método fluxo- gradiente. 2014. 99 p. Dissertação de mestrado em Agronomia, Universidade Federal de Goiás. Goiás, GO, BR.

Costa JLDaS (2002) Reconstrução do solo e manejo de culturas no controle de podridões radiculares em feijoeiro. *Fitopatologia Brasileira*, v. 27, Suplemento, p. S37–S38.

- Costa JLDaS, Rava CA (2003) Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed). Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 523-533.
- Costa JLS, Rava CA (2003) Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 523-534.
- Cruz ES (2006) Influência do preparo de solo e de plantas de cobertura na erosão hídrica de um Argissolo Vermelho-Amarelo. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, BR.
- Davidson EA, Keller M, Erickson HE, Verchot LV, Veldkamp E (2000) Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides. *BioScience*, 50, n.8, 667-680.
- Di HJ, et al (2001) A mechanical hoof for simulating animal treading under controlled conditions. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v. 44, n. 1, p. 111-116.
- Dias Arieira CR, et al (2003) Avaliação de gramíneas forrageiras para o controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* (Nematoda). *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 25, n. 2, p. 473-477.
- Dias Filho MB (2014) Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).
- Domiciano LF, et al (2016) Performance and behaviour of Nellore steers on integrated systems. *Animal Production Science*, n. Online Early, p. 10.
- Durrell LW (1966) Hyphal invasion by *Trichoderma viride*. *Mycopathologia et Mycologia Applicata*, v. 35, n. 2, p. 138-144.
- Ethur LZ, et al (2006) Sanidade de sementes e emergência de plântulas de nabo forrageiro, aveia preta e centeio submetidas a tratamentos com bioprotetor e fungicida. *Ciência e natureza*, v. 28, n. 2, p. 17-27.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Global agriculture towards 2050. 2009. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf. Acessado em: 10 março, 2016.
- FAO. The state of food and agriculture. Rome: FAO, 2009. Disponível em: <http://bit.ly/dcsAFD>. Acessado em março, 2016.
- Gomes JR, F. G., Christoffoleti, PJ (2008) Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. *Planta Daninha*, v. 264, n. 4, p. 789-798.
- Gomes J, et al (2009) Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crops: based rotations under subtropical climate. *Soil & Tillage Research*, v. 106, n. 1, p. 36-44.
- Görgen CA, Civardi EA, Ragagnin VA, Silveira Neto Anda, Carneiro LC, Lobo Junior M (2010) Redução do inóculo inicial de *Sclerotinia sclerotiorum* em soja cultivada após uso do sistema Santa Fé. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.45, n.10, p.1102-1108.
- Görgen CA, Silveira Neto ANDa, Carneiro LC, Ragagnin VA, Lobo Junior M (2009) Controle do mofo-branco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.44, p.1583-1590.

Görger CA, et al (2008) Controle de *Sclerotinia sclerotiorum* com o manejo de *Brachiaria ruziziensis* e aplicação de *Trichoderma harzianum*. Santo Antônio de Goiás, GO, Embrapa Arroz e Feijão.

Gregolin FS (2017) Estoque de carbono e nitrogênio do solo manejado com sistemas de integração. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop. Mato Grosso, MT, BR.

Guadagnin JC, et al (2005) Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol.29, n.2, Viçosa.

Guerra SCS (2014) Subsídio ao aprimoramento do manejo de irrigação de consórcios agroflorestais em situação de escassez hídrica. 2014. 104 p. Dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural do Espírito Santo, Vitória. Espírito Santo, ES, BR.

Ikeda FS, et al (2007) Banco de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. Pesq. agropec. bras v. 42, n. 11, p. 1545–1551.

Ikeda FS, Mitja D, Carmona R, Vilela L (2007) Caracterização florística de banco de sementes em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. Planta Daninha, Viçosa, v. 25, n.4, p.735-745.

Inomoto MM, Machado ACZ (2007) ANTEDOMÊNICO, S. R. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. Fitopatologia Brasileira, v. 32, n. 4, p. 341–344.

Jakelaitis A, et al (2004) Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com campim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). Planta Daninha, v. 22, n. 4, p. 553–560.

Kageyama PY, et al (2003) Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, p. 333 – 340.

Kim D-G, Mishurov M, Kiely G (2010) Effect of increased N use and dry periods on N₂O emission from a fertilized grassland. Nutr Cycl Agroecosyst, v. 88, p.397-410.

Kluthcouski J, et al (1991) Renovação de pastagens de cerrado com arroz: I. Sistema Barreirão. Goiânia, GO, Embrapa Arroz e Feijão.

Kluthcouski J, et al (2000) Sistema Santa Fé-Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional Santo Antônio de Goiás, GO, Embrapa Arroz e Feijão, Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/208449/1/circ38.pdf>. Acessado em setembro, 2017.

Lal R (2006) Soil Carbon Sequestration in Latin America, in: Lal, R., Cerri, C.C., Bernoux, M., Etchevers, J., Cerri, E. (Eds.), Carbon sequestration in soils of Latin America. Food Products Press, Binghamton, 49–64.

Lima LB (2013) Emissões de N₂O em sistemas agrícolas. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, p.998.

Lobo Junior M, Brandão RS, Corrêa CA, Görger CA., Civardi EA, Oliveira PDe (2009) Uso de braquiárias para o manejo de doenças causadas por patógenos habitantes do solo. Comunicado técnico. Santo Antônio de Goiás.

- Macedo MCM (2009) Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.133-146, (supl. especial).
- Maciel GA, *et al* (2011) Influence of integrated crop-livestock-forest systems on soil organic matter in tropical regions. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*, v. 5, p. 29-35.
- Magalhães CAS, *et al* (2017) Crop, livestock and forestry performance in different production systems in the north of Mato Grosso, Brazil. *Agroforestry Systems*.
- Martins SG, Silva MLN, Avanzi JC, Curi N, Fonseca S (2010) Fator cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em Mata Atlântica nos Tabuleiros Costeiros do Estado do Espírito Santo. *Scientia Forestalis*, v.38, p.517-526.
- Matiero SC (2015) Influência de sistemas pastoris sobre *Mahanarva fimbriolata* (Distant) (Hemiptera: Cercopidae) e o entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Metsch). Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Mato Grosso. Mato Grosso, MT, BR.
- Milanesi PM, *et al* (2013) Detecção de *Fusarium* spp. e *Trichoderma* spp. e antagonismo de *Trichoderma* sp. em soja sob plantio direto. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 6 SUPPL. 1, p. 3219–3234.
- Neff JC, Townsend AR, Gleixner G, Lehman SJ, Turnbull J. & Bowman WD (2002) Variable effects of nitrogen additions on the stability and turnover of soil carbon. *Nature*, 419, 915-917.
- Neto MS, *et al* (2011) Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no bioma do Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 63-76.
- Oliveira PDe, *et al* (2010) Sistema Santa Brígida – Tecnologia Embrapa: Consorciação de Milho com Leguminosas Santo Antônio de Goiás Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/888019/sistema-santa-brigida---tecnologia-embrapa-consorciacao-de-milho-com-leguminosas>. Acessado em setembro, 2017.
- Pacheco EP, Silva GDDa (2014) Avaliação da cobertura do solo em sistemas de produção de milho e soja em Sergipe utilizando imagens aéreas. In: Seminário de Iniciação Científica e Pós-Graduação da EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 4. Aracaju. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- Pitta RM, Rampelotti-Ferreira FT, Campelo FT, Matiero SC, Corassa JN, Nunes NR (2014) Bases do MIP como indicadores de sustentabilidade para sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta. XXV Congresso Brasileiro de Entomologia. Goiânia.
- Piva JT (2012) Fluxos de gases de efeito estufa e estoque de carbono do solo em sistemas integrados de produção sub trópico brasileiro. 2012. 96 p. Tese de doutorado em Agronomia, Universidade Federal do Paraná. Paraná, PR, BR.
- Post WM, Kwon KC (2000) Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology*, 6, 317-327.
- Queiróz CDEA, *et al* (2014) Reação de acessos e cultivares de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* à *Pratylenchus brachyurus*. *Summa Phytopathologica*, v. 40, n. 3, p. 226–230.
- Rai B, Singh VN, Singh DB (1980) *Trichoderma viride* as a mycoparasite of *Aspergillus* spp. *Plant and Soil*, v. 57, n. 1, p. 131–135.
- Reis EF, *et al* (2012) Podridão-vermelha-da-raiz da soja em cultivos com diferentes

sistemas de manejo e coberturas do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 47, n. 4, p. 528–533.

Rineger FA, Zolin CA, Paulino J, Souza AP, Matos ES, Magalhães CAS (2016) Water erosion on an oxisol under integrated crop-forest systems in a transitional area between the Amazon and Cerrado Biomes. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 40.

Ruedell J (1995) Plantio direto na região de Cruz Alta. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO.

Salton JC, et al (2013) Sistema São Mateus – Sistema de Integração Lavoura-Pecuária para a região do Bósão Sul-Mato- Grossense. Dourados, MS, Embrapa. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84887/1/COT2013186.pdf>. Acessado em setembro, 2017.

Schimel DS (1995) Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. Global Change Biology, 1, 77- 91.

Schindlbacher, et al (2004) Effects of soil moisture and temperature on N₂O and N₂O emissions from European forest soils. Journal of Geophysical Research, Washington, v. 109, n. D17302

Signor D (2010) Estoque de carbono e nitrogênio e emissões de gases de efeito estufa em áreas de cana-de-açúcar na região de Piracicaba. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, SP, BR.

Silva NMF (2017) Aspectos técnicos e econômicos da pecuária de corte em sistemas Lavoura-Pecuária-Floresta. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Mato Grosso. Mato Grosso, MT, BR.

Silva R, et al (2004) Ocorrência de *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita* na Cultura do Algodoeiro no Estado do Mato Grosso. Fitopatologia Brasileira, v. 29, n. 3, p. 337.

Slagg CM, Fellows H (1947) Effects of certain soil fungi and their by-products on ophiobolus graminis. Journal of Agricultural Research, v. 75, n. 11–12, p. 279–293.

Souza APDe, Mota LLDa, Zamadei T, Martim CC, Almeida FTDe, Paulino J (2013) Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. Nativa, v.1, p.34-4. DOI: 10.14583/2318-7670.v01n01a07.

Tichit M, Puillet L, Sabatier R, Teillard F (2011) Multicriteria performance and sustainability in livestock farming systems: functional diversity matters. Livestock Science. 139: 161–17.

Toledo–Souza EDDe, Silveira PMDe, Lobo Junior M (2008) CAFÉ FILHO, C.A. Sistemas de cultivo, sucessão de culturas, densidade do solo e sobrevivência de patógenos de solo. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.43, n.8, p.971-978.

Valle LACDo, et al (1996) Controle do Nematóide do cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe) com gramíneas forrageiras. Nematologia Brasileira, v. 20, n. 2, p. 1–11.

Vieira et al (2010) Práticas de manejo para minimizar a emissão de gases de efeito estufa associadas ou não ao uso de fertilizantes. Disciplina Ecologia de Pastagens, Curso de Pós-graduação em Produção Animal Sustentável. Instituto de Zootecnia. Nova Odessa, SP, BR.

Wilkins RJ (2008) Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences*. 363: 517–525.

Zhang J, Han X (2008) N₂O emission from the semi- arid ecosystem under mineral fertilizer (urea and superphosphate) and increased precipitation in northern China. *Atmospheric Environment*, Oxford, v. 42, n.2, p. 291-302.

Zolin CA, et al (2016) Perda de solo e água sob integração lavoura-floresta e em sucessão soja-milho. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.51, n.9, p.1223-1230, DOI: 10.1590/S0100-204X2016000900022.

Zolin CA, Rodrigues RAR (2015) Impact of climate change on water resources in agriculture. 1 ed. CRC Press, 232p.

