

3 DÉCADAS DE INOVAÇÕES NA CULTURA DO MILHO SAFRINHA: AVANÇOS E DESAFIOS

EDITORES

Aildson Pereira DUARTE

Alfredo TSUNECHIRO

Rogério Soares de FREITAS



**XVI SEMINÁRIO NACIONAL
DE MILHO SAFRINHA 2021**
3 DÉCADAS DE INOVAÇÕES:
AVANÇOS E DESAFIOS



**Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Instituto Agrônomo**

**Governador do Estado de São Paulo
João Doria**

**Secretário de Agricultura e Abastecimento
Itamar Borges**

**Secretário-executivo de Agricultura e Abastecimento
Francisco Matturro**

**Coordenador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Sergio Luiz dos Santos Tutui**

**Diretor Técnico de Departamento do Instituto Agrônomo
Marcos Guimarães de Andrade Landell**

**3 DÉCADAS DE INOVAÇÕES
NA CULTURA DO MILHO SAFRINHA:
AVANÇOS E DESAFIOS**

EDITORES

Aildson Pereira **DUARTE**

Alfredo **TSUNECHIRO**

Rogério Soares de **FREITAS**

Ficha elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação do Instituto Agronômico

D291 3 décadas de inovações na cultura do milho safrinha: avanços e desafios / editores: Aildson Pereira Duarte, Alfredo Tsunechiro, Rogério Soares de Freitas. Campinas, SP: Instituto Agronômico, 2021. 330 p. (on-line)

Versão on-line

ISBN: 978-65-88414-06-4

1. Milho safrinha. I. Duarte, Aildson Pereira. II. Tsunechiro, Alfredo. III. Freitas, Rogério Soares de. IV. Título.

CDD. 633.15

O Conteúdo do Texto é de Inteira Responsabilidade dos Autores.

Equipe participante desta publicação

Editoração Eletrônica: Cíntia Rafaela Amaro - Amaro Comunicação

Revisão: Lúcia Helena Signori Melo de Castro

Capa: NOVA MCP Comunicação

Instituto Agronômico

Centro de Comunicação e Transferência do Conhecimento

Caixa Postal 28

13012-970 Campinas (SP) - Brasil

www.iac.agricultura.sp.gov.br

SUMÁRIO

Página

Apresentação.....	1
Autores.....	2
I. A GERAÇÃO DE TECNOLOGIAS E O SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA COMO INDUTORES DO DESENVOLVIMENTO DO MILHO SAFRINHA NO BRASIL.....	3
Resumo	3
1. Introdução	4
2. O início e o primeiro ciclo de expansão	5
3. Principais contribuições das quinze edições presenciais do seminário	6
4. A XVI edição no formato on-line	14
5. Considerações finais	16
Referências.....	17
II. IMPACTO DA SAFRINHA E PERSPECTIVAS DO MERCADO DE MILHO NO BRASIL	19
Resumo	19
1. Introdução	20
2. Situação da safra 2020/21	20
3. Cenário atual do mercado de milho no Brasil	24
4. Exportações brasileira de milho e o Arco Norte	32
5. Considerações finais	38
Referências.....	39
III. IMPORTÂNCIA DO MILHO SAFRINHA E DOS CULTIVOS ALTERNATIVOS.....	41
Resumo	41
1. Introdução	42
2. Panorama da produção de milho no Brasil.....	43
2.1. Área cultivada, produção e produtividade	43
3. Inserção do milho safrinha nos sistemas de produção.....	46
3.1. O milho na sucessão com soja.....	46
3.2. O milho na rotação de culturas	51
3.3. O milho na integração lavoura-pecuária.....	53
3.4. O milho em sistemas de cultivos alternativos.....	55
4. Benefícios agronômicos do milho safrinha	57
4.1. No estabelecimento das culturas	57
4.2. Na fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes.....	61
4.3. Na sanidade das culturas sucessoras.....	64
5. Culturas de cobertura em substituição ao milho safrinha.....	65
6. Considerações finais	67
Referências.....	67

IV. ECOFISIOLOGIA: IMPACTOS DO AMBIENTE NA PLANTA DO MILHO	69
Resumo	69
1. Introdução	70
2. Comparação safra verão versus safrinha abordando as diferenças no ambiente.....	70
2.1. Baixa disponibilidade hídrica	71
2.2. Temperatura	74
2.3. Radiação solar.....	77
3. O que é preciso alterar no manejo do milho safrinha com base na ecofisiologia?	78
4. Cultivares tolerantes à seca: quais os principais mecanismos fisiológicos?	80
5. Importância do armazenamento de água no solo sob déficit hídrico	82
6. A translocação de fotoassimilados e nutrientes é maior na safrinha - impactos na qualidade do colmo.....	84
7. Qual milho usar na safrinha, os de ciclo superprecoces, ou precoces? ..	85
8. Considerações finais	90
Agradecimentos	91
Referências.....	91
V. CONSTRUÇÃO DE PERFIL DO SOLO: APENAS MELHORIA QUÍMICA?	95
Resumo	95
1. Introdução	96
2. Construir perfil de solo: estratégia para viabilizar o uso do estoque de água disponível	98
3. Compactação do solo: uma ameaça à produção agrícola	101
4. Limitações hídricas em perfis de solos arenosos	104
5. Manejo físico do solo como fundamento para a construção e manutenção do perfil de solo	106
6. Considerações finais.....	121
Referências.....	121
VI. O QUE PODERÁ ACONTECER COM A AGRICULTURA NOS PRÓXIMOS 20 ANOS?	124
Resumo	124
1. As três tecnologias que vão mudar a agricultura.....	124
2. A agricultura e os modelos de organização no novo cenário global.....	127
2.1. E como a agricultura será impactada por estes modelos de coopetição?	133

3. Perspectivas de alteração da estrutura produtiva.....	134
4. Cultura digital para todos.....	137
5. Avanços e novidades do setor de automação.....	138
6. Considerações finais	139
Referências.....	140

VII. DESAFIOS DO MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO MILHO SAFRINHA

MILHO SAFRINHA	142
Resumo	142
1. Introdução.....	143
2. Quando gastar os recursos destinado ao manejo de plantas daninhas?... 143	
3. Integração dos sistemas de controle soja - milho safrinha	153
3.1. Desafios do sistema soja-milho safrinha.....	155
3.2. Manejo de buva e de capim-amargoso resistentes ao glifosato	156
3.3. O milho cultivado em consórcio com a braquiária (<i>Urochloa ruziziensis</i>)	157
4. Novas tecnologias em milho safrinha.....	159
4.1. Novos herbicidas	159
4.2. Novas tecnologias: milho ENLIST	160
5. Considerações finais	162
Referências.....	163

VIII. PRINCÍPIOS E PRÁTICAS PRECONIZADAS PELO GRUPO ASSOCIADO DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL (GAAS) NO MANEJO DE PRAGAS DO MILHO SAFRINHA.....

ASSOCIADO DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL (GAAS) NO MANEJO DE PRAGAS DO MILHO SAFRINHA.....	166
Resumo	166
1. Introdução.....	167
2. Bases conceituais da agricultura sustentável e do manejo biológico de pragas e doenças	168
3. Práticas gerais que auxiliam o manejo de pragas e doenças do milho safrinha	171
3.1. Manejo da fertilidade	171
3.2. Cultivo mínimo	171
3.3. Manutenção do solo coberto	172
3.4. Sucessões de culturas	172
3.5. Plantio consorciado	173
3.6. Manejo das emergentes	173
3.7. Manejo da diversidade na paisagem	173
3.8. Agentes de controle biológico	174
3.9. Condução de solo supressivo.....	175

4. Considerações de práticas específicas para o manejo das principais pragas do milho.....	176
4.1. Características e técnicas de manejo da lagarta-do-cartucho (<i>Spodoptera frugiperda</i>) e lagarta-da-espiga (<i>Helicoverpa zea</i>) ...	176
4.2. Características e técnicas de manejo do nematóide das lesões (<i>Pratylenchus brachyurus</i>)	181
4.3. Características e técnicas de manejo da cigarrinha-do-milho (<i>Dalbulus maidis</i>)	183
5. Considerações finais	183
Referências.....	184
IX. ENFEZAMENTOS DO MILHO: BIOECOLOGIA DO INSETO-VETOR, SINTOMAS, DANOS E MANEJO.....	187
Resumo	187
1. Introdução	188
2. Aspectos bioecológicos da cigarrinha-do-milho	189
3. Plantas hospedeiras	191
4. Como <i>Dalbulus maidis</i> sobrevive na entressafra do milho?	192
5. Características da transmissão de fitopatógenos por <i>D. maidis</i>	194
6. Enfezamentos do milho	196
6.1. Sintomas	198
6.2. Danos provocados pelos enfezamentos	199
6.3. Estratégias de manejo dos enfezamentos e das populações de <i>Dalbulus maidis</i>	200
7. Considerações finais	204
Referências.....	205
X. VIROSES DO MILHO: EPIDEMIOLOGIA, SINTOMAS E DIAGNOSE.....	215
Resumo	215
1. Introdução	216
2. <i>Sugarcane Mosaic Virus</i> (SCMV)	218
3. <i>Maize Yellow Mosaic Virus</i> (MAYMV)	220
4. <i>Maize Striate Mosaic Virus</i> (MSMV)	224
5. <i>Maize Rayado Fino Virus</i>	225
6. Infecções mistas.....	226
7. Manejo das viroses	229
Referências	231

XI. BIOLOGIA, HOSPEDEIROS E MANEJO DE PULGÕES EM MILHO	235
Resumo	235
1. Introdução	236
2. Pulgões.....	238
3. <i>Rhopalosiphum maidis</i>	240
4. <i>Rhopalosiphum padi</i>	241
5. Manejo de pulgões em milho.....	242
6. Considerações finais	251
Agradecimentos	252
Referências.....	252

XII. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO SAFRINHA NA REGIÃO DE PARAGOMINAS, PA.....	256
Resumo	256
1. Introdução	257
2. Tecnologia de produção	263
2.1. Semeadura e cultivares	264
2.2. Adubação	266
2.3. Controle de plantas daninhas	267
2.4. Controle de pragas	268
2.5. Controle de doenças.....	268
2.6. Colheita.....	270
3. Comercialização	270
4. Considerações Finais	271
Agradecimentos	272
Referências.....	272

XIII. SISTEMA DE PRODUÇÃO DE MILHO SAFRINHA NAS REGIÕES SUDOESTE, OESTE E CAMPO DAS VERTENTES DE MINAS GERAIS.....	274
Resumo	274
1. Introdução	274
2. Características das mesorregiões	280
2.1. Oeste de Minas	280
2.2. Sul e Sudoeste de Minas	282
2.3. Campos das Vertentes	285
3. Tecnologias de produção	287
3.1. Semeadura e cultivares	287

3.2. Adubação	290
3.3. Controle de plantas daninhas	291
3.4. Controle de pragas	292
3.5. Controle de doenças.....	293
3.6. Colheita.....	294
4. Comercialização	294
5. Considerações finais	295
Referências.....	296

XIV. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO SAFRINHA NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Resumo	297
1. Caracterização da região e da sucessão de culturas.....	297
2. Tecnologia de produção	302
2.1. Semeadura e cultivares	302
2.2. Adubação	305
2.3. Controle de plantas daninhas	306
2.4. Controle de pragas	308
2.5. Controle de doenças.....	310
2.6. Colheita.....	313
3. Comercialização	313
4. Considerações finais	314
Referências.....	315

XV. HOMENAGENS AOS AGRICULTORES E TÉCNICOS

ATUANTES NA CULTURA DO MILHO SAFRINHA	317
1. José Roberto Borges	318
2. Dirceu Parmegiani	320
3. Bruno Alísio Schlegel e Herbert Schlegel	322
4. Gessi Ceccon	325

APRESENTAÇÃO

O Seminário Nacional de Milho Safrinha, na sua 16ª edição, retorna ao local de origem, Assis, SP. Foi neste local que, em 1993, foi realizado o I Seminário, com a denominação de Seminário Sobre a Cultura do Milho Safrinha, promovido e realizado pelo Instituto Agrônomo de Campinas e Centro de Desenvolvimento do Vale do Paranapanema. A partir da 6ª edição do evento, realizado em 2001, em Londrina, PR, passou a ser denominado de Seminário Nacional de Milho Safrinha (SNMS) e promovido pela Associação Brasileira de Milho e Sorgo.

Durante esse período, a cultura do milho safrinha cresceu acentuadamente, acompanhando a expansão da soja e decréscimo do milho na safra de verão. A expansão da cultura do milho safrinha se deu não apenas no aspecto dimensional, de área cultivada e produção, mas também no aspecto qualitativo das lavouras, com melhor manejo e genéticas das plantas, minimizando os efeitos das adversidades bióticas e abióticas, graças ao processo contínuo de desenvolvimento das pesquisas científicas em todas as áreas da agronomia. As instituições públicas e privadas de pesquisa, em conjunto com a assistência técnica e os produtores, têm gerado inovações tecnológicas ao longo dos últimos trinta anos, a maioria delas divulgada e/ou discutida no SNMS.

Os acontecimentos recentes de natureza externa ao setor agrícola, como a ocorrência de pandemia do coronavírus, tem afetado a dinamicidade das atividades produtivas. Neste cenário, a pandemia do coronavírus provocou alteração no formato do XVI Seminário Nacional de Milho Safrinha, dada a impossibilidade de se aglomerar grande número de participantes em ambiente fechado, de sorte que se decidiu pelo formato on-line com a abertura presencial. Foi realizada uma conferência durante a cerimônia de abertura, e apresentadas 15 palestras on-line que foram discutidas em seis painéis temáticos.

Neste livro são publicados 15 capítulos, referentes à conferência e à maioria das palestras acima referidas, acrescidos de um capítulo alusivo às três décadas do milho safrinha com tecnologia e de outro as homenagens aos agricultores e técnicos. Os temas abordados nos capítulos contemplam áreas de economia, ecofisiologia do milho, impacto das novas tecnologias, produtos biológicos para estímulo do desenvolvimento das plantas e manejo de pragas, enfezamentos, viroses e pulgões, sistemas de produção em milho safrinha. Os textos foram elaborados pelos melhores especialistas do Brasil em cada área.

Os editores de "3 Décadas de Inovações na Cultura do Milho Safrinha: Avanços e Desafios" agradecem o esforço empreendido pelos autores, bem como a todos que participaram, direta ou indiretamente, no processo de preparo, revisão e acabamento da edição do presente livro.

AUTORES

Aildson Pereira Duarte | Instituto Agronômico (IAC), Campinas - SP
Alfredo Tsunehiro | Instituto de Economia Agrícola (IEA) - aposentado, São Paulo - SP
Bazílio Wesz Carlotto | Coopernorte Cooperativa Agroindustrial, Paragominas - PA
Camila Jorge Bernabé Ferreira | Universidade de Rio Verde, Rio Verde - GO
Carlos César Gomes Júnior | Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa - MG
Carlos Roberto Justino | AgroStar Consultoria Agrícola, Alfenas - MG
Cássio Antonio Tormena | Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR
Charles Martins de Oliveira | Embrapa Cerrados, Planaltina - DF
Claudinei Kappes | NemaBio Laboratório e Pesquisa Agronômica, Sinop - MT
Denis Fernando Biffe | Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR
Eduardo Martins | Grupo Associado de Agricultura Sustentável, Goiânia - GO
Edner Betioli Júnior | Superbac Biotechnology Solutions, Mandaguari - PR
Fábio Benedito Ono | Fundação MT, Rondonópolis - MT
Guilherme Anghinoni | Instituto Goiano de Agricultura, Montividiu - GO
José Luiz de Andrade Rezende Pereira | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Inconfidentes - MG
Khayo Wender Souza Cardoso | Universidade Federal Rural da Amazônia, Paragominas - PA
Marcos César Gonçalves | Instituto Biológico (IB), São Paulo - SP
Pablo Hardoim | Grupo Associado de Agricultura Sustentável, Goiânia - GO
Paulo César Magalhães | Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG
Rafael Major Pitta | Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop - MT
Rayane Gabriel da Silva | NemaBio Laboratório e Pesquisa Agronômica, Sinop - MT
Renata Baldo | RB Comunicação, Assis - SP
Rodrigo Barroso | Grupo Associado de Agricultura Sustentável, Goiânia - GO
Rogério Vian | Grupo Associado de Agricultura Sustentável, Mineiros - GO
Roni Peterson Carlos | AgroStar Consultoria Agrícola, Alfenas - MG
Rubem Silvério de Oliveira Júnior | Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR
Simone Martins Mendes | Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG
Thiago Corrêa de Souza | Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), Alfenas - MT
Tsen Chung Kang | Fatec Shunji Nishimura e Grupo Jacto, Pompéia - SP
Thomé Luiz Freire Guth | Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), Brasília - DF
Vinicius Bez Batti | Bortoluzzi Sementes, Xanxerê - SC

I. A GERAÇÃO DE TECNOLOGIAS E O SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA COMO INDUTORES DO DESENVOLVIMENTO DO MILHO SAFRINHA NO BRASIL

Aildson Pereira **Duarte** ⁽¹⁾

Alfredo **Tsunechiro** ⁽²⁾

RESUMO

O Seminário Nacional de Milho Safrinha reuniu continuamente, nas últimas três décadas, em quinze edições presenciais, os principais especialistas de diferentes áreas do conhecimento e técnicos das regiões produtoras mais importantes de milho safrinha no Brasil. Isso incentivou a realização de levantamentos sistemáticos dos sistemas de produção e, conseqüentemente, o acompanhamento da evolução técnica e dos gargalos da cultura. A década de 1990 foi marcada pelo estímulo à cultura pela decadência do trigo e pelos maiores preços na sua colheita, em comparação ao milho verão, e pelo convencimento que era possível cultivar o milho safrinha com tecnologia. Na década de 2000 ocorreu mais dois ciclos de expansão do milho safrinha, notadamente no Centro-Oeste, em decorrência da consolidação do plantio direto e da antecipação da sua semeadura, viabilizada pelo desenvolvimento de cultivares de soja de ciclo precoce para semeadura no cedo, depois da chegada no país da ferrugem asiática da soja. Na década de 2010 ocorreu o quarto ciclo de expansão e o maior ganho de produtividade do milho safrinha. Houve ampliação da área nas regiões tradicionais e a cultura se consolidou em alguns estados do Norte e Nordeste. O evento é itinerante e realizado exclusivamente nas regiões produtoras, permitindo discutir os assuntos de maior relevância regional com

⁽¹⁾ Pesquisador Científico, Instituto Agrônômico (IAC), Av. Barão de Itapura, 1481, Caixa Postal 28, CEP 13012-970, Campinas (SP). duarteaildson@hotmail.com

⁽²⁾ Pesquisador Científico, Instituto de Economia Agrícola, aposentado. tsunechiro@uol.com.br

pesquisadores vindos de diferentes locais do Brasil e levantar demandas para o planejamento de novas pesquisas. Em 2021, o sucesso da XVI edição, realizada no formato digital, com abertura presencial em Assis-SP, evidencia a constante evolução do evento em consonância com a modernização da agricultura e da sociedade em geral.

Palavras-chave: inovações tecnológicas, sistemas de produção, ciclos de expansão da agricultura.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho passou por grandes transformações desde a década de 1990, destacando-se o deslocamento temporal e espacial da área de cultivo. Até o início da década de 1980 só existia milho na safra de verão (primeira safra) e esse cereal era importante em praticamente todas as regiões de culturas anuais. Desde o desenvolvimento de tecnologias para o milho safrinha (segunda safra), nos anos 90, reduziu-se a sazonalidade da produção ao longo do ano e concentrou-se o seu cultivo em regiões de melhor aptidão.

O cultivo do milho na segunda safra, após a soja, aumentou a renda das propriedades brasileiras que colhiam grãos apenas no verão, o que corresponde a mais da metade da área desta modalidade de cultivo, e fez o país saltar do limite da autossuficiência para o terceiro maior produtor e exportador mundial do cereal. Mas, a manutenção de produtividades estáveis ao longo dos anos continua sendo o maior desafio, em decorrência das adversidades climáticas (seca e/ou frio), que se acentuam no decorrer do período de inverno.

Tudo isso não teria ocorrido sem o pioneirismo do agricultor e o suporte da pesquisa e assistência técnica, bem como a realização de eventos para divulgação e discussão de novas tecnologias.

Neste capítulo é discorrido como o Seminário Nacional de Milho Safrinha contribuiu para a evolução desta modalidade de cultivo no país, fazendo um histórico dos ciclos de expansão da cultura e das dezesseis edições do evento.

2. O INÍCIO E O PRIMEIRO CICLO DE EXPANSÃO

O milho safrinha é uma tecnologia eminentemente nacional. É conceituado como a modalidade de cultivo na segunda safra sob sequeiro e em sucessão de culturas, maximizando o aproveitamento da terra durante duas safras por ano. A sucessão à soja torna o sistema único, visto que em outros países subtropicais, como a Índia, também se cultiva milho na segunda safra sob sequeiro, mas depois de outras culturas.

Tudo começou no estado do Paraná, na década de 1980, por iniciativa de agricultores. O sucesso na colheita da resteva de milho incentivou o início da sua semeadura, mas sem nenhum outro insumo e trato cultural. Utilizavam-se sobras de sementes da safra de verão, vendidas com desconto, e sementes de paiol (F_2). O consumo interno dos grãos nas propriedades onde era cultivado o tornou muito interessante pelo dispêndio mínimo de recursos para transporte e armazenamento, além de atender a demanda na entressafra, quando os preços eram mais elevados. Havia um sentimento de descrédito e preconceito, até mesmo pela denominação “safrinha”, e a área técnica fez muito pouco neste período.

A “crise do trigo” impulsionou o primeiro ciclo de expansão do milho safrinha. A crise começou com o parcelamento do pagamento da colheita pelo governo federal e se agravou com a extinção do CETRIN (Comissão para a Compra do Trigo Nacional), subordinada ao Banco do Brasil, na gestão do presidente Fernando Collor, em 1990, que desmantelou repentinamente a estrutura de suporte à comercialização e ao desenvolvimento tecnológico do trigo, inviabilizando-o economicamente na maioria das regiões. Esse cereal era cultivado quase sempre após a soja e o milho safrinha foi a principal opção para substituí-lo.

Assim, a área do milho safrinha aumentou no Paraná e se expandiu em outras regiões tritícolas, com destaque para o Sudoeste de São Paulo (Vale do Médio Paranapanema) e o Centro-Sul do Mato Grosso do Sul. Em todas essas regiões, foi implantado de maneira semelhante a das primeiras lavouras do Paraná, utilizando somente sementes e quase nada de fertilizantes, geralmente, sobras da soja. O controle do mato era feito com herbicida 2,4-D e/ou cultivo mecânico; predominava o sistema convencional de preparo do solo e, quando muito, o cultivo mínimo com preparo apenas na safra de verão. A nova

cultura não dispunha de financiamento e nem de seguro agrícola; quem dava suporte financeiro eram as cooperativas pelo sistema de troca de insumos pela produção.

A cultura expandiu-se rapidamente e a área em São Paulo quase se igualou à do Paraná em 1992, cerca de 300 mil hectares, totalizando 691 mil hectares no Brasil. Em meados da década de 1990 já era expressiva também em Goiás. Os incrédulos levantavam suas bandeiras: a “ponte verde” vai inviabilizar a cultura do milho no Brasil devido ao aumento de doenças e pragas, as estruturas regionais de produção de sementes de trigo serão inviabilizadas com reflexos também na autossuficiência da produção de sementes de soja. Uma das grandes empresas de melhoramento de milho se posicionou contra e não permitia a venda de sementes de milho na safrinha.

3. PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DAS QUINZE EDIÇÕES PRESENCIAIS DO SEMINÁRIO

Neste ambiente foi realizada a primeira edição do Seminário sobre a Cultura do Milho Safrinha, em 1993, em que foram apresentados os resultados da primeira rede de avaliação de cultivares de milho safrinha na região do Vale do Paranapanema, implantada no ano anterior, e convidados técnicos do IAPAR para dar o seu testemunho sobre a realidade e os desafios da cultura. O debate foi fervoroso, ficando notório que faltavam pesquisas e estas não eram realizadas por não se acreditar na evolução da cultura. Como a geada castigou parte das lavouras em 1992, já estava claro a necessidade de antecipar a semeadura para minimizar os riscos de perdas. Naquela época as lavouras eram semeadas na segunda quinzena de março até o final do mês de abril, porque a soja era colhida tardiamente e adotava-se amplamente o preparo convencional do solo, com perda de tempo e da umidade do solo.

Foi então que as cooperativas da região do Médio Paranapanema, por intermédio do Centro de Desenvolvimento do Vale do Paranapanema (CDVale), fizeram parceria com o Instituto Agrônômico (IAC) para

implantar uma rede de experimentação agrícola buscando a tecnificação do milho safrinha. Inicialmente foram estudadas épocas de semeadura, utilizando diferentes cultivares, adubação NPK, preparo do solo, população de plantas e avaliação de cultivares quanto às características agronômicas e resistência às doenças. Ao mesmo tempo, foram realizados, pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), estudos sobre o custo de produção e a rentabilidade da cultura. E ainda, um trabalho de épocas de semeadura de soja versus cultivares, procurando identificar quais eram aptas para antecipar a semeadura para o início de novembro, do ponto de vista de produção e porte mínimo para colheita mecânica, visto que a época ideal era em meados de novembro. Ressalte-se a participação dos técnicos da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) na realização dos ensaios regionais de avaliação de cultivares e na difusão das tecnologias.

A partir do segundo Seminário, em 1994, participaram também pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo, liderados por José Carlos Cruz. A terceira edição, em 1995, ampliou a programação para dois dias e inovou por apresentar também resultados das pesquisas na forma de pôster (Figura 1 e Tabela 1). Devido à pouca ênfase científica na cultura, foram divulgados apenas 18 trabalhos.

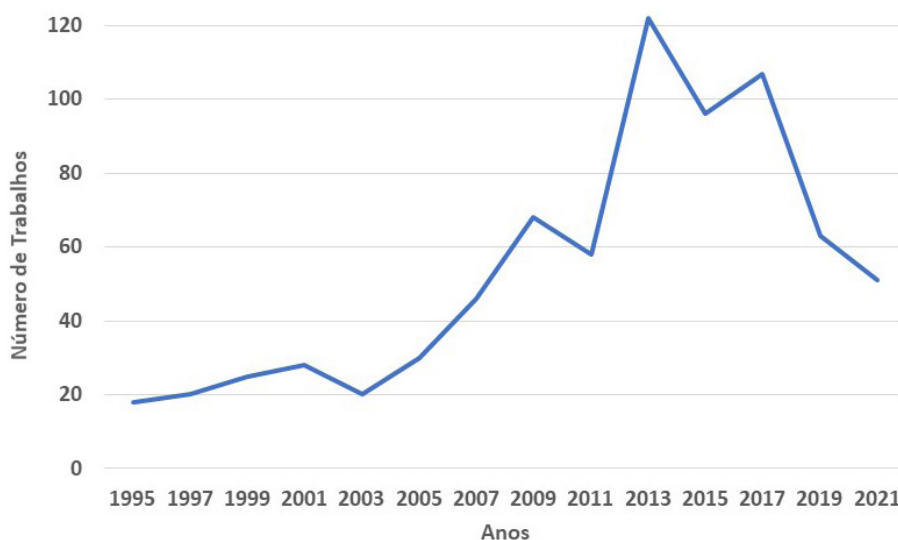


Figura 1. Número de trabalhos apresentados na sessão pôster desde a terceira edição, em 1995, até 16ª edição, em 2021. Fonte: Anais dos SNMS, 1995-2021.

Tabela 1. Edições do Seminário Nacional de Milho Safrinha, descrição do local, período da realização, instituições promotoras e realizadoras

Ordem	Nome do evento	Local	Período	Promoção	Realização
I	Seminário Sobre a Cultura do Milho "Safrinha"	Assis, SP	18 fevereiro 1993		IAC e CDvale
II	Seminário Sobre a Cultura do Milho "Safrinha"	Assis, SP	8 fevereiro 1994		IAC e CDvale
III	Seminário Sobre a Cultura do Milho "Safrinha"	Assis, SP	9 e 10 fevereiro 1995		IAC e CDvale
IV	Seminário Sobre a Cultura do Milho "Safrinha"	Assis, SP	6 e 7 fevereiro 1997		IAC e CDvale
V	Seminário Sobre a Cultura do Milho "Safrinha"	Barretos, SP	3 a 5 fevereiro 1999		CATI, IEA e IAC
VI	Seminário Nacional de Milho Safrinha	Londrina, PR	25 a 28 junho 2001	ABMS	IAPAR
VII*	Seminário Nacional de Milho Safrinha	Rio Verde, GO	6 a 8 maio 2003	ABMS	Agência Rural e Embrapa Milho e Sorgo
VIII	Seminário Nacional de Milho Safrinha	Assis, SP	21 a 23 novembro 2005	ABMS	IAC e CDvale
IX	Seminário Nacional de Milho Safrinha	Dourados, MS	26 a 28 novembro 2007	ABMS	Embrapa Agropecuária Oeste
X	Seminário Nacional de Milho Safrinha	Rio Verde, GO	24 a 26 novembro 2009	ABMS	Universidade de Rio Verde
XI	Seminário Nacional de Milho Safrinha	Lucas do Rio Verde, MT	21 a 23 novembro 2011	ABMS	Fundação Rio Verde
XII	Seminário Nacional de Milho Safrinha	Dourados, MS	26 a 28 novembro 2013	ABMS	Embrapa Agropecuária Oeste
XIII	Seminário Nacional de Milho Safrinha	Maringá, PR	24 a 26 novembro 2015	ABMS	Universidade de Maringá
XIV	Seminário Nacional de Milho Safrinha	Cuiabá, MT	21 a 23 novembro 2017	ABMS	Fundação MT
XV	Seminário Nacional de Milho Safrinha	Jataí, GO	17 a 19 setembro 2019	ABMS	Universidade Federal de Goiás
XVI	Seminário Nacional de Milho Safrinha	Assis, SP	23 a 25 novembro 2021	ABMS	IAC e CDvale

*Seminário sem a publicação dos Anais. Fonte: Anais dos SNMS, 1995-2021.

O evento se tornou bienal e a quarta edição foi realizada em 1997, contando com 265 participantes, a maioria da assistência técnica (73% do total). O programa contemplou aspectos econômicos e perspectivas da área de cultivo, risco climático e seguro da cultura, sistemas de preparo do solo, ocorrência e controle da flora infestante, manejo da lagarta-do-cartucho e das doenças transmitidas por insetos vetores: complexo enfezamento/mosaico. A quinta edição, em 1999, ainda foi realizada em território paulista, mas em Barretos, adicionando um curso para treinamento de profissionais da assistência técnica. Já começavam a surgir problemas em regiões típicas de milho safrinha, devido ao seu monocultivo em sucessão à soja, tais como “novas” pragas e doenças. Estimava-se que em apenas metade das lavouras se utilizavam insumos apropriados para esta modalidade de cultivo e o restante ainda era de baixíssima tecnologia.

Nos cinco primeiros seminários, na década de 1990, a adaptação das cultivares, as épocas de semeadura e os riscos climáticos foram assuntos recorrentes nas palestras e na sessão pôster, seguido do manejo de pragas e doenças. Um dos temas inovadores neste período foi o manejo da adubação para esta modalidade de cultivo.

O evento passou a ser promovido pela Associação Brasileira de Milho e Sorgo a partir da VI edição, em 2001, em Londrina, PR, tendo sido realizado pelo IAPAR sob nova denominação: Seminário Nacional de Milho Safrinha. Este evento foi realizado em conjunto com a II Conferência Nacional de Pós-Colheita e II Simpósio em Armazenagem Qualitativa de Grãos do Mercosul, com palestras e trabalhos paralelos sobre os referidos temas.

O início do segundo milênio, quando já se cultivavam cerca de 2,5 milhões de hectares, marcou o segundo ciclo da cultura do milho safrinha no Brasil. O sistema plantio direto se consolidava e a soja resistente ao glifosato tornava-se realidade. O terceiro ciclo de evolução da cultura também ocorreu na década de 2000 está relacionado a um grande problema com a agricultura nacional, agora com a cultura da soja. Uma das discussões mais emblemáticas do VI SNMS foi sobre a necessidade de desenvolver cultivares de soja de ciclo mais curto e aptas

para a semeadura em outubro. Um melhorista de soja foi questionado durante as discussões e argumentou que existia uma correlação negativa entre a adaptação às semeaduras antecipadas e a produtividade, e que a cultura principal não podia ser penalizada para favorecer o milho safrinha. Mas, a chegada da ferrugem asiática da soja, logo a seguir, mudou completamente as prioridades do melhoramento da soja e, indiretamente, foi um dos principais fatores indutores da adequação do sistema de sucessão para beneficiar as duas culturas.

Na VI edição, em Rio Verde, GO, inovou-se pela inclusão de um painel sobre sistemas de produção de milho safrinha, com a denominação 'Situação Atual e Perspectivas' nos principais estados produtores (Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo). Assim como em Londrina, deu-se grande ênfase à pós-colheita dos grãos (qualidade, usos e armazenamento). Essa edição teve pouca participação dos técnicos da região, frustrando as expectativas dos organizadores e dos participantes de outros estados.

Em 2005, o evento retornou para Assis visando resgatar a filosofia da participação efetiva da comunidade regional e reforçar a importância do evento no âmbito nacional. A programação versou sobre políticas públicas de financiamento e seguro agrícola, que não estimulavam os investimentos nas lavouras, tolerância às geadas, arranjo e população de plantas, manejo fitossanitário (doenças, pragas e plantas daninhas) e, em continuidade ao evento anterior, principais sistemas de produção. Pela primeira vez, o número de participantes foi acima de 300 pessoas e o de trabalhos científicos na sessão pôster igual a 30. Predominavam autores das instituições estaduais e federais de pesquisa (IAC, IAPAR, EMPAER e Embrapa); apenas 20% dos trabalhos tinha envolvimento das universidades. Inovou-se também pelas atividades culturais e visitas às cooperativas.

Dourados, no Mato Grosso do Sul, recebeu a 9ª edição do Seminário, em 2007. O tema produção de milho safrinha em consórcio com braquiária, integrando lavoura e pecuária, foi o destaque, divulgando as pesquisas inéditas realizadas naquele estado, principalmente pelo engenheiro agrônomo Gessi Ceccon, da Embrapa Agropecuária Oeste.

Quarenta e seis trabalhos foram apresentados na sessão pôster, com destaque para a área de manejo do solo e adubação, que também foi tema de uma palestra. A abordagem da adubação agora era o sistema de produção, considerando seus efeitos residuais nas culturas em sucessão. Os trabalhos sobre avaliação regional e estadual de cultivares, tradicionalmente apresentados na sessão pôster, evidenciaram que o melhoramento genético já estava focando no atendimento da demanda específica da safrinha.

Em 2009, o Seminário retornou à Rio Verde, quando a área cultivada no país se aproximava de 5 milhões de hectares. Foi a primeira vez que o manejo de pragas com milho transgênico Bt e o controle químico das doenças foram temas de palestras e que os trabalhos sobre milho Bt foram apresentados na sessão pôster. A disponibilização das sementes de milho transgênico para os agricultores ocorreu a partir de 2008, um ano após a liberação comercial do milho Bt no Brasil, e as pesquisas públicas e adoção no campo foram muito rápidas. O número de trabalhos na sessão pôster, comparado à edição anterior, aumentou de 46 para 68. O décimo seminário se destacou também pelo grande número de participantes, próximo de 500 pessoas. Foi o primeiro seminário com participação expressiva das universidades, com envolvimento de professores e/ou alunos em cerca de metade dos trabalhos, e foi a primeira vez que uma universidade organizou o evento. De maneira geral, as universidades públicas deram maior importância para a pesquisa do milho safrinha somente na década de 2010, vinte anos após o início do desenvolvimento do milho safrinha no Brasil.

Em 2011, realizou-se a XI edição em Lucas do Rio Verde, MT, contemplando mais uma das principais regiões produtoras do país. Esse estado foi onde houve maior aumento na área durante os anos 2000, atingindo quase dois milhões de hectares no início da segunda década. Entre outros assuntos, foram abordados o mercado, a política de preços e as questões relacionado aos usos (alternativas de consumo), comercialização e escoamento da produção, por que eram os mais críticos para os produtores da região. O controle de nematoides radiculares e o uso de inoculantes contendo bactérias do gênero *Azospirillum* também

foram discutidos. Já eram nítidos os prejuízos causados por esta praga com cultivo contínuo da sucessão soja e milho safrinha, especialmente no Mato Grosso, e os inoculantes para a cultura do milho tinham sido lançados recentemente no mercado, com ênfase na nutrição das plantas. O Maranhão foi incluído, pela primeira vez, no painel sobre sistemas de produção, possibilitando aos participantes uma melhor compreensão do avanço recente da cultura para o meio-norte do país.

Dourados recebeu mais uma edição do Seminário, a XII, em 2013. Palestras na área de ecofisiologia divulgaram conhecimentos sobre a fisiologia e a demanda hídrica das plantas de milho, visto que os estresses hídricos são recorrentes no milho safrinha. Destacaram-se as discussões sobre uso das tecnologias transgênicas Bt e RR no manejo de pragas e plantas daninhas, respectivamente. O milho Bt já era cultivado amplamente para o controle da lagarta-do-cartucho, mas havia problemas com pragas emergentes, e estava crescendo o uso do milho RR. Considerando que o Mato Grosso do Sul é o berço do consórcio do milho safrinha com braquiária, abordou-se o manejo de nematoides em sistemas consorciados, valorizando os efeitos positivos da produção de massa pelas forrageiras na matéria orgânica do solo em contraposição à possível multiplicação de nematoides no sistema radicular. Foram apresentados 122 trabalhos na sessão pôster e com grande participação das universidades.

O Seminário seguinte foi realizado em Maringá, PR, e pela segunda vez, sob a responsabilidade de uma universidade. Foram retomadas as discussões sobre o manejo de lavouras transgênicas de milho Bt, acrescentando a tecnologia RR. Apresentaram-se as possíveis consequências do uso contínuo da tecnologia RR na sucessão soja e milho safrinha, adiantando-se aos problemas de resistência de algumas espécies de plantas daninhas ao glifosato, que reduziria a eficiência e aumentaria o custo do manejo de plantas daninhas. Destacaram-se ainda o controle biológico de pragas e a interação entre fungicidas e cultivares no manejo de doenças foliares e das espigas, bem como das micotoxinas. Questionou-se a viabilidade do sistema de produção de soja e milho safrinha porque, em algumas situações, estava ocorrendo

o comprometimento da produtividade da soja diante da crescente antecipação da sua semeadura com cultivares cada vez mais precoces. Foram apresentados 96 trabalhos na sessão pôster, um pouco menos do que na edição anterior, continuando a participação expressiva de autores das universidades.

Cuiabá, MT, sediou o XIV Seminário, em 2017. Já se cultivaram 3,7 milhões de hectares no Mato Grosso e, no ano anterior, a área brasileira tinha atingido 10 milhões de hectares. Foi o evento com maior número de participantes (560 pessoas) e expressiva presença de profissionais da assistência técnica. Destacaram-se os temas etanol de milho, discorrendo sobre o aumento do consumo dos grãos para esta finalidade, o manejo do solo e da adubação para altas produtividades, o manejo de nematoides e as doenças do enfezamento do milho.

A XV edição ocorreu em Jataí, GO, em 2019. Apresentaram-se palestras inéditas sobre o uso de microrganismos benéficos no controle de pragas e a produção de inoculantes. O público também foi numeroso (450 pessoas) e, como o evento foi realizado por uma universidade, teve maior proporção de alunos. Enquanto o número de trabalhos na sessão pôster foi 107 em Cuiabá, reduziu para 63 em Jataí. Provavelmente, tinha aumentado a divulgação dos trabalhos em outros eventos científicos, como o próprio Congresso Nacional de Milho e Sorgo, em detrimento do Seminário.

Os Seminários contribuíram na década de 2010 para o quarto ciclo de expansão do milho safrinha, consolidando a cultura em alguns estados das regiões Norte e Nordeste e ampliando sua área nas regiões tradicionais. Essa década foi a de maior ganho de produtividade do milho safrinha e também marcou, a partir de 2012, o domínio da área e da produção do milho safrinha em relação ao milho verão. Antecipou-se ainda mais a semeadura da soja, o milho transgênico se expandiu rapidamente e, devido ao aumento da oferta e redução dos custos dos fungicidas, sua aplicação se tornou comum nas lavouras de milho safrinha. Nesse período, houve o também o maior progresso na adubação. Na região Sul-Sudeste, aumentaram-se as doses no sulco de semeadura e a frequência de adoção e doses do nitrogênio em cobertura, enquanto na região Centro-Oeste houve aumento expressivo das doses do nitrogênio.

4. A XVI EDIÇÃO NO FORMATO ON-LINE

Em 2021 realizou-se o evento comemorativo das três décadas do milho safrinha com tecnologia no Brasil, retornando para Assis, SP, onde foram realizadas as quatro primeiras edições. O formato foi on-line, devido à pandemia virótica de COVID 19, mantendo a abertura presencial em Assis.

Foram 408 participantes, que é pouco inferior à edição anterior. O formato on-line possibilitou que pessoas de regiões muito distantes participassem do evento, com inscrições de 14 estados e 200 municípios. Assim como em Cuiabá, em 2017, o público foi composto majoritariamente por profissionais da assistência técnica (3/4 do total), seguido por pesquisadores e professores. Os estudantes de graduação corresponderam apenas a 7% do total.

O evento on-line foi realizado na forma de painéis seguido de discussão, visto que o debate é parte mais rica dos seminários. Ampliou-se a duração para quatro dias, contando o primeiro dia da abertura, mas com palestras apenas no período da manhã. Foram seis painéis, com 15 palestras, no total. Os temas foram: I) Novas fronteiras para o milho safrinha: do inimaginável à realidade; II) Milho safrinha no sistema de produção e plantabilidade; III) Ecofisiologia e construção do perfil do solo; IV) Tecnologias em perspectivas; V) Produtos biológicos: avaliação dos benefícios e VI) Enfezamentos e viroses.

Tradicionalmente, o primeiro painel de palestras versa sobre sistemas de produção nas principais regiões produtoras. Em 2021, o foco foram as regiões onde não se imaginava que seria possível o cultivo do milho safrinha, especificamente a região de Paragominas, no Pará, Oeste de Santa Catarina e Sudoeste de Minas Gerais. No painel Tecnologias em Perspectivas abordou-se o que poderá acontecer com a agricultura nos próximos 20 anos, considerando que o mundo passa por uma grande revolução tecnológica liderada pela internet, IoT (Internet das Coisas), inteligência artificial e genômica, e ainda as novas tecnologias que estão chegando no mercado: Bt para o manejo de lepidópteros e genes para tolerância aos herbicidas. Assim como no

Seminário anterior, enfatizou-se também o uso de produtos biológicos na produção do milho safrinha buscando uma agricultura mais sustentável,

O número de trabalhos aprovados e apresentados na sessão e-pôster (on-line) foi 51, com metade dos autores de universidades (alunos e professores) de sete estados brasileiros. O total de trabalhos foi menor que o das edições anteriores, dadas as dificuldades das instituições de pesquisa e ensino finalizarem as pesquisas devido ao período de quarentena, que obrigou um longo afastamento do trabalho presencial. Provavelmente, o desestímulo do governo federal à produção científica também deve ter contribuído para menor submissão de trabalhos. Mas a qualidade da maioria dos trabalhos foi muito boa, com apresentação de vários resultados de projetos de pesquisa de médio a longo prazo.

O XVI SNMS adotou uma classificação de 16 áreas temáticas dos trabalhos submetidos à comissão organizadora, em conformidade com a decisão da Diretoria da ABMS, no sentido de padronizar esse procedimento nos eventos promovidos pela entidade. Assim, foram oferecidas aos autores de trabalhos as áreas de Biotecnologia; Climatologia e Fisiologia Vegetal; Economia; Entomologia; Fitopatologia; Fitotecnia; Forragicultura; Genética e Melhoramento; Manejo de Solos e Nutrição de Plantas; Mecanização Agrícola; Milhos Especiais; Plantas Daninhas; Pós-Colheita e Qualidade de Grãos; Sistemas Integrados de Produção; Tecnologia de Sementes; e Outros Temas.

Chama atenção o aumento relativo de trabalhos na área de Sistemas Integrados de Produção, mas ainda superado pelo Manejo do Solo e Nutrição de Plantas, assim como nos eventos anteriores (TSUNECHIRO, 2021). É cada vez menor a apresentação de trabalhos na área de biotecnologia, demonstrando o pouco investimento das instituições públicas nesta área e, quando o fazem, sob confidencialidade dos resultados.

O evento inovou pela seleção criteriosa dos dez melhores trabalhos e sua discussão na sessão e-pôster, possibilitando a interação do público com os apresentadores em quatro grandes áreas: fitotecnia, manejo de solos e nutrição de plantas, fitossanidade e “outras áreas”.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Seminário Nacional de Milho Safrinha reuniu sistematicamente, nos últimos 30 anos, os principais especialistas de diferentes áreas do conhecimento e técnicos das regiões produtoras mais importantes de milho safrinha no Brasil. Isso incentivou a realização de levantamentos contínuos dos sistemas de produção nas principais regiões, proporcionando o acompanhamento da evolução técnica e dos gargalos da cultura.

Por ser itinerante e realizado exclusivamente nas regiões produtoras, pôde-se discutir os assuntos de maior relevância regional com pesquisadores vindos de diferentes partes do Brasil, contribuindo para o planejamento de novas pesquisas de maneira a atender as suas demandas. Além das discussões sobre as dificuldades técnicas e as políticas públicas, e da divulgação de novas tecnologias terem contribuído para a modernização da cultura, o evento agregou as faculdades de agronomia no processo de geração de conhecimento, contribuindo para a melhoria do ensino e estimulando o desenvolvimento de pesquisas sobre o milho safrinha.

A realização com sucesso da XVI edição no formato digital, com número expressivo de participantes e mantendo as discussões, tanto nos painéis de palestras como na sessão e-pôster, evidencia a constante evolução do evento em consonância com a modernização da agricultura e da sociedade em geral.

O acúmulo de experiências e a agregação de novos membros na comissão organizadora tem enriquecido o evento sem perder suas principais características. Destaca-se o conselho consultivo composto por coordenadores das edições anteriores, em conjunto com representantes da região onde se realiza o evento. Outro fator que tem contribuído para a sua perenidade e sucesso é a realização alternada por entidades públicas de pesquisa, faculdades de agronomia e fundações privadas.

Um dos questionamentos é o título “milho safrinha”, em vez de “milho segunda safra”. Infelizmente, nas estatísticas oficiais ainda perdura uma área expressiva de segunda safra como única cultura anual,

principalmente no Nordeste (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia), totalizando 833 mil hectares, segundo a Conab, 2021, enquanto o Seminário versa especificamente sobre o milho em sucessão de culturas no mesmo ano agrícola. O milho irrigado também é cultivado na segunda safra em algumas unidades da federação, por exemplo, em São Paulo e Distrito Federal. Mas, por ser um sistema de produção peculiar e diferente do milho safrinha (apenas sequeiro), não é tratado no Seminário. Ressalte-se que, por algumas vezes, foi sugerido a inclusão do sorgo no Seminário, mas as discussões se ativeram ao seu uso no sistema de produção e não como coadjuvante nas palestras e nos trabalhos apresentados, por não se tratar de evento amplo sobre a segunda safra.

REFERÊNCIAS

SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”; Assis, 1993. Resumos. Campinas, IAC/CDV, 1993. 39 p.

SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”; 2., Assis, 1994. Resumos. Campinas, IAC/CDV, 1994. 70 p.

SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”; 3., Assis, 1995. Resumos. Campinas, IAC/CDV, 1995. p.152 p.

SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”; 4., Assis, 1997. Anais. Campinas, IAC/CDV, 1997. 206 p.

SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”; 5., Barretos, 1999. Resumos. Campinas, IAC, 1999. 266 p.

SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA; 6., Valorização da produção e conservação dos grãos no Mercosul. Londrina, 2001. Resumos e Palestras. Londrina, FAPEAGRO, 2001. 343 p.

SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA; 8., Assis, 2005. Anais. Campinas, IAC, 2005. 423 p.

SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA; 9., Milho safrinha: rumo a estabilidade. Dourados, 2007. Anais. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 483 p. (Documentos Embrapa, 89).

SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA; 10., Rio Verde, 2009. Anais. Rio Verde, Fundação Rio Verde, 2009. 624 p.

SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA; 11., Lucas do Rio Verde-MT, 2011. Anais. Lucas do Rio Verde: Fundação Rio Verde, 2011, 544 p.

SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA; 12., Dourados-MS, 2013. Anais. Embrapa, Brasília, DF, 2013. (CD ROM).

SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA; 13., Maringá. 30 anos de inovação em produtividade e qualidade, 2015. Anais. Maringá: UEM, 2015. 677 p. (CD ROM)

SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA; 14., Cuiabá. Construindo sistemas de produção sustentáveis e rentáveis, 2017. Anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2017. 623 p. Disponível em: <http://www.snms2017.fundacaomt.com.br/>.

SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA; 15., Jataí. 2019. Anais. Jataí: Universidade Federal de Goiás-Regional Jataí, 2019. 388 p. Disponível em: http://www.abms.org.br/snms/anais_SNMS2019_09out2019.pdf.

SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA; 16, Assis. Três décadas de inovações: avanços e desafios, 2021. Anais. Assis: IAC, Campinas, 2021. 102 p. Disponível em: http://anais.infobibos.com.br/MilhoSafrinha/16/Anais/Anais_SNMS.pdf.

TSUNECHIRO, A. Histórico dos trabalhos classificados por área temática nos Seminários Nacionais de Milho Safrinha, 2005 a 2019. In: FREITAS et al., (Ed.), SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA. Três décadas de inovações: avanços e desafios, 16, 2021, Assis. **Anais [...]** Campinas: Instituto Agrônômico, 2021. p. 101-102. Disponível em: http://anais.infobibos.com.br/MilhoSafrinha/16/Anais/Anais_SNMS.pdf.

II. IMPACTO DA SAFRINHA E PERSPECTIVAS DO MERCADO DE MILHO NO BRASIL

Thomé Luiz Freire **Guth** ⁽¹⁾

RESUMO

Neste capítulo será apresentada a importância e o impacto da safrinha no mercado de milho no Brasil, bem como o desenvolvimento da infraestrutura da logística para escoamento da produção para os portos de exportação. A produção da segunda safra de milho, mais conhecida como milho safrinha, vem crescendo acentuadamente, tendo superada a da primeira safra, ou safra de verão, no ano 2011/12, e desde então, ampliando a sua participação na produção total, compreendendo atualmente cerca de três quartos da produção anual do grão no Brasil. Nesta safra 2020/21, em decorrência de adversidades climáticas (seca causando o atraso na semeadura e afetando o desenvolvimento vegetativo e as geadas, de intensa severidade), houve queda significativa da produção, frustrando as expectativas de exportação, com queda de 37% em relação à temporada anterior. Os preços do milho, como os da soja e demais produtos de exportação, subiram acentuadamente, dado à desvalorização do real, atrelado ao crescimento da demanda mundial, notadamente da China, que passou à condição de maior importadora mundial de milho. No mercado interno, houve nos últimos anos, um crescimento significativo da instalação de usinas moageiras de milho para etanol, principalmente na região Centro-Oeste, o que tem afetado sobremaneira o desbalanceamento da oferta e demanda dos principais estados consumidores do milho. A logística de transporte, ainda calcada no modal rodoviário, tem viabilizado o fluxo de grãos (soja e milho) das regiões maiores produtoras para os portos, fato que o destino do milho é disputado entre os consumidores internos e os mercados externos.

Palavras-chave: segunda safra, produção de grãos, exportação, preços, etanol, logística de transporte, Arco Norte.

⁽¹⁾ Engenheiro Agrônomo, Superintendente de Logística Operacional, Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), SGAS 910 Bloco A lote 69, Brasília-DF, 70.390-010. thome.guth@conab.gov.br

1. INTRODUÇÃO

A safra 2020/21, em função das intempéries climáticas, interrompeu um período de contínuo crescimento da produção brasileira de milho, em especial o milho 2ª safra, conhecido como milho safrinha. Mesmo assim, esta cultura, que outrora fora utilizada apenas como cobertura vegetal, na sucessão da soja como cultura principal, em um sistema de plantio direto, hoje representa um produto economicamente fundamental para os produtores brasileiros.

Diante disso, além da sedimentação do Brasil como um grande produtor e exportador de milho no mundo, o milho 2ª safra teve fundamental importância para influenciar nas tomadas de decisões estratégicas, aprimorando a logística de escoamento de grãos do país.

2. SITUAÇÃO DA SAFRA 2020/21

Desde a safra 2011/12, o milho safrinha ou 2ª safra, passou a ser a principal safra do cereal no país. Atualmente, a 2ª safra de milho é responsável por cerca de 70% da produção total do grão, com um volume produzido acima do dobro do milho 1ª safra.

Uma cultura que inicialmente foi considerada a cobertura vegetal para o plantio direto, na sucessão da soja, hoje a safra do milho safrinha é a principal safra do grão, devido aos avanços de tecnologias de produção, bem como oportunidades de mercado como a exportação e, mais recentemente, a produção de etanol à base de milho. Por isso, tem garantido maior rentabilidade ao produtor rural, sobretudo, quando se faz uma análise econômica da unidade produtiva somando a produção e comercialização tanto do milho quanto da soja.

A safra 2020/21 foi, inicialmente, marcada por um atraso na semeadura e na colheita da soja, afetando diretamente o plantio do milho 2ª safra. Sabe-se que a “janela” ideal de plantio do cereal é de início de janeiro até o fim de fevereiro/início de março para o Centro-Oeste e

até início da 2ª quinzena de março para o Paraná; no entanto, até a 2ª quinzena de março, os estados de Goiás, Paraná, São Paulo e Minas Gerais, ainda se encontravam com a semeadura com atraso significativo, de acordo com o acompanhamento semanal de semeadura do milho, da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2021a) (Tabela 1).

Tabela 1. Acompanhamento da semeadura do milho 2ª safra por estado, em % do total

Estado	Semana até:		
	2020	2021	
	20/mar	12/mar	19/mar
Goiás	100	65	75
Piauí	80	45	90
Tocantins	100	25	28
São Paulo	75	35	50
Minas Gerais	68	35	56
Maranhão	100	16	90
Mato Grosso do Sul	82	82	89
Mato Grosso	100	90	97
Paraná	91	48	70
9 estados	94	72	84

Fonte: Conab, 2021a. Nota: Esses 9 estados correspondem a 92 % da área cultivada.

Durante o desenvolvimento desta safra, observou-se longos períodos de estiagens em algumas regiões importantes e, finalizando, com geadas nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul. O atraso na semeadura e os eventos climáticos adversos provocaram uma significativa queda na produção do milho safrinha, de 75,1 milhões para 59,5 milhões de toneladas, interferindo diretamente na produção total do milho brasileiro, conforme a figura 1, frustrando as expectativas de uma safra recorde. A queda de produção total de milho foi de aproximadamente de 20 milhões de toneladas, sendo de 15 milhões somente na 2ª safra (Conab, 2021d), tabela 2.



Figura 1. Evolução da produção de milho no Brasil (mil toneladas). Fonte: Conab, 2021d.

Pode-se afirmar que o Brasil possui, efetivamente, um “Cinturão do Milho”, tendo em vista a concentração do milho 2ª safra no Centro Oeste e no estado do Paraná que, juntos, respondem por 88 % do milho safrinha do país.

Tabela 2. Milho 2ª safra - comparativo de área, produtividade e produção

REGIÃO/UF	ÁREA (em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg ha ⁻¹)			PRODUÇÃO (em mil t)		
	Safra 19/20	Safra 20/21	VAR. %	Safra 19/20	Safra 20/21	VAR. %	Safra 19/20	Safra 20/21	VAR. %
	(a)	(b)	(b/a)	(c)	(d)	(d/c)	(e)	(f)	(f/e)
NORTE	529,8	618,9	16,8	4.777	4.132	(13,5)	2.536,1	2.557,2	0,8
RO	186,0	200,0	7,5	5.209	5.190	(0,4)	968,9	1.038,0	7,1
PA	101,1	188,5	86,4	3.357	3.082	(8,2)	339,4	581,0	71,2
TO	240,7	225,3	(6,4)	5.084	4.105	(19,3)	1.223,7	924,9	(24,4)
NORDESTE	1.041,1	1.129,0	8,4	1.920	1.686	(12,2)	1.999,0	1.903,7	(4,8)
MA	182,4	200,8	10,1	5.358	5.078	(5,2)	977,3	1.019,7	4,3
PI	32,1	94,9	195,7	4.567	3.009	(34,1)	146,6	285,6	94,8
CENTRO-OESTE	8.926,2	9.641,0	8,0	6.040	4.778	(20,9)	53.917,5	46.060,6	(14,6)
MT	5.414,4	5.832,1	7,7	6.392	5.625	(12,0)	34.608,8	32.805,6	(5,2)
MS	1.840,0	2.114,2	14,9	4.700	2.980	(36,6)	8.648,0	6.300,3	(27,1)
GO	1.633,7	1.656,6	1,4	6.365	4.100	(35,6)	10.398,5	6.792,1	(34,7)
DF	38,1	38,1	-	6.880	4.270	(37,9)	262,1	162,7	(37,9)
SUDESTE	981,6	1.041,7	6,1	5.285	2.362	(55,3)	5.187,3	2.460,0	(52,6)
MG	450,8	491,8	9,1	6.326	2.095	(66,9)	2.851,8	1.030,3	(63,9)
SP	530,8	549,9	3,6	4.400	2.600	(40,9)	2.335,5	1.429,7	(38,8)
SUL	2.277,2	2.504,9	10,0	5.012	2.591	(48,3)	11.413,3	6.490,2	(43,1)
PR	2.277,2	2.504,9	10,0	5.012	2.591	(48,3)	11.413,3	6.490,2	(43,1)
BRASIL	13.755,9	14.935,5	8,6	5.456	3.982	(27,0)	75.053,2	59.471,5	(20,8)

Fonte: Conab, 2021d (estimativa de setembro/2021).

Na tabela 2, de acordo com a estimativa da Conab, os estados do Paraná e Goiás foram o que apresentaram, em volume de produção, a maior quebra de safra. O impacto dessa perda é ainda maior levando-se em consideração o fato de que, estimulados pelas boas condições de mercado, os produtores aumentaram a área plantada.

Neste sentido, é importante ressaltar que, apesar da safrinha ser a safra de milho com mais oportunidades em termos de demanda, é o período de maior risco climático. Assim, é fundamental, o entendimento de um bom planejamento de plantio, que envolve inclusive um bom acompanhamento agroclimático.

De fato, este cenário de perdas de produção da safra 2021, provocou mudanças significativas no quadro de oferta e demanda de milho, onde a expectativa de um volume de exportação de 35,0 milhões de toneladas na publicação de maio de 2021 (Conab, 2021b), foi ajustada até o volume de 22,0 milhões de toneladas (Conab, 2021d), bem como uma significativa redução nos estoques de passagem para 5,8 milhões de toneladas (pouco menos de um mês de consumo), visto que o consumo, apesar de reajustado para baixo, ainda deve permanecer recorde, acima de 70,8 milhões de toneladas (Figura 2).

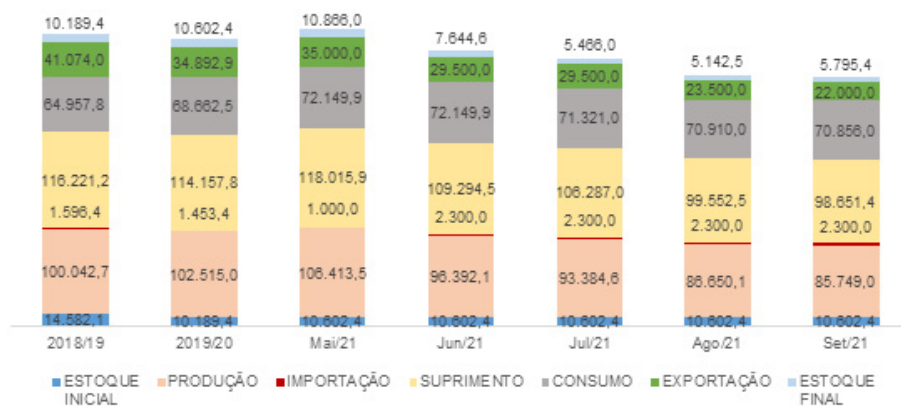


Figura 2. Oferta e demanda de milho no Brasil (mil toneladas). Fonte: Conab, 2021d.

Esta redução nas exportações, mesmo diante de um cenário externo favorável, deve-se a realização de operações de “*washout*” de contratos já feitos antecipadamente, uma vez que o mercado interno possuía preços bem mais remuneradores, compensando aos produtores o pagamento da indenização por descumprimento dos contratos e revertendo-os às vendas domésticas.

Outro destaque é a estimativa de incremento na importação de milho, de 1,45 milhão de toneladas em 2019/20 para 2,30 milhões em 2020/21, visto que com a queda de produção e aumento no consumo doméstico, a oferta e demanda seguia apertada; mais do que isso, muitos produtores de milho estavam retendo parte da sua produção estocada, visando obter preços ainda mais elevados que os atuais.

De janeiro a agosto, o país importou 1,23 milhão de toneladas em 2021, frente a 578,4 mil toneladas importadas em 2020, sendo 882,6 mil toneladas do Paraguai e 344,5 mil toneladas da Argentina. Quase todo o milho argentino importado foi adquirido entre os meses de junho a agosto e houve contratação, pelas empresas de proteína animal do Sul do país, de navios para trazer milho do país vizinho.

3. CENÁRIO ATUAL DO MERCADO DE MILHO NO BRASIL

O panorama de mercado do milho no Brasil vem sofrendo grandes transformações nos últimos anos e, conforme descrito anteriormente, a safra 2020/21 impactou fortemente no mercado doméstico de milho.

Na figura 3, pode-se observar que, desde o final de 2019, as cotações de milho vêm subindo, sendo que de final de 2020 até o momento, atingiram níveis nunca alcançados na série histórica, chegando a quase R\$ 80,00/60 kg em Sorriso (MT).

3 décadas de inovações na cultura do milho safrinha: avanços e desafios

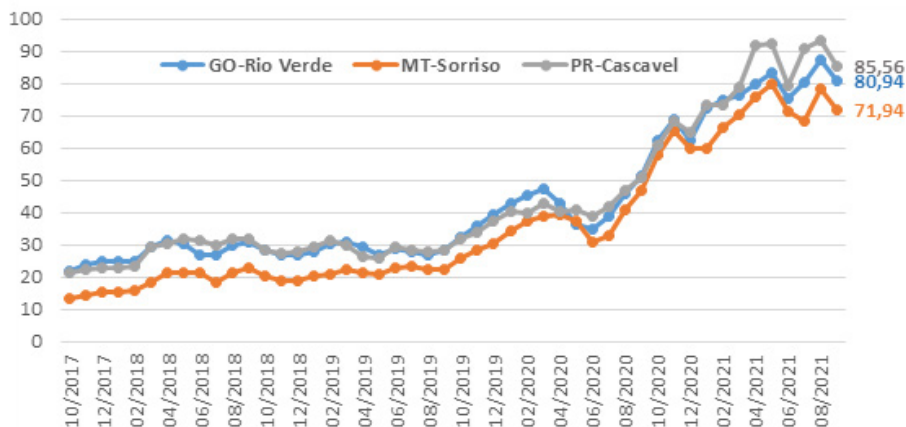


Figura 3. Preços de milho recebidos pelos produtores em R\$/60kg. Fonte: Conab, 2021b.

Alguns fatores contribuíram para este cenário atual. Primeiramente, destaca-se a realidade do milho no mercado internacional, sobretudo na relação comercial entre China e Estados Unidos, onde a demanda chinesa teve um incremento significativo, principalmente da safra 2019/20 para a safra 2020/21, as importações chinesas saíram de 7,6 milhões para 26,0 milhões de toneladas, tornando a China, o principal importador de milho do mundo (USDA, 2021b).

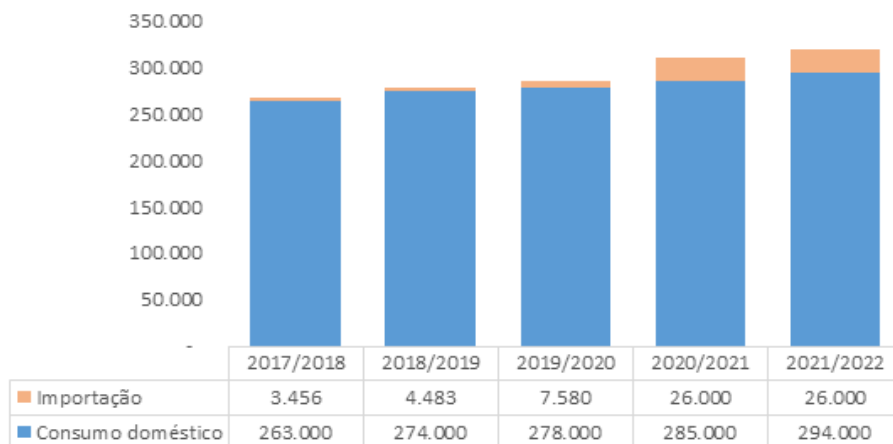


Figura 4. Demanda chinesa de milho (mil toneladas). Fonte: USDA, 2021b.

O principal fornecedor de milho para atendimento da necessidade de importação da China, foram os Estados Unidos. No ano de 2021, os norte-americanos exportaram para a China 21,4 milhões de toneladas, ou seja, praticamente 1/3 de todo volume de milho estadunidense destinado ao mercado externo (Figura5).

Evidentemente, este ponto afetou toda a dinâmica de comercialização do principal produtor de milho do mundo que, na safra 2020/21, produziu, segundo o USDA, 360,3 milhões de toneladas. Tal cenário provocou uma queda dos estoques de passagem dos Estados Unidos em 18,6 milhões de toneladas, em relação aos 48,7 milhões de toneladas da safra 2019/20.

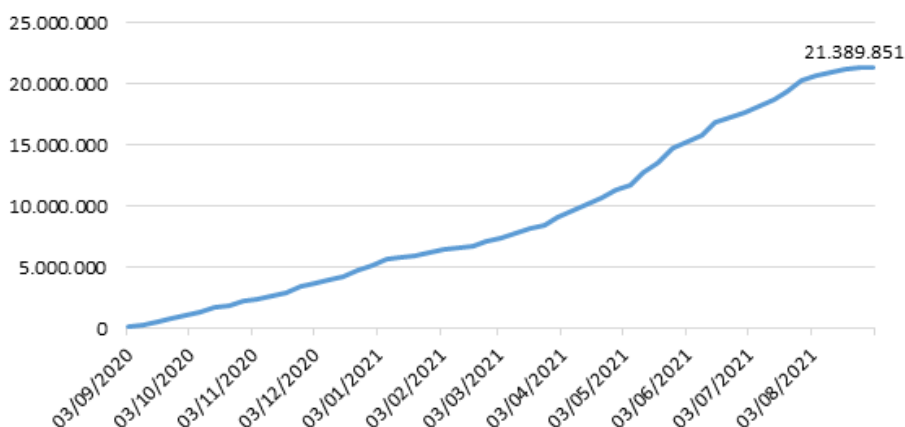


Figura 5. Exportação acumulada de milho dos Estados Unidos para a China (toneladas). Fonte: USDA, 2021a.

Este cenário foi o que teve maior peso sobre as cotações do cereal na Bolsa de Chicago, uma vez que ao se observar a figura 6, fica claro que a grande mudança nas cotações ocorreu no final de 2020, período em que se começaram os embarques de milho para a China, saindo de um patamar médio de US\$ 3,60/bushel (US\$ 141,72/tonelada) para valores acima de US\$ 5,50/bushel (US\$ 216,52/tonelada).

3 décadas de inovações na cultura do milho safrinha: avanços e desafios

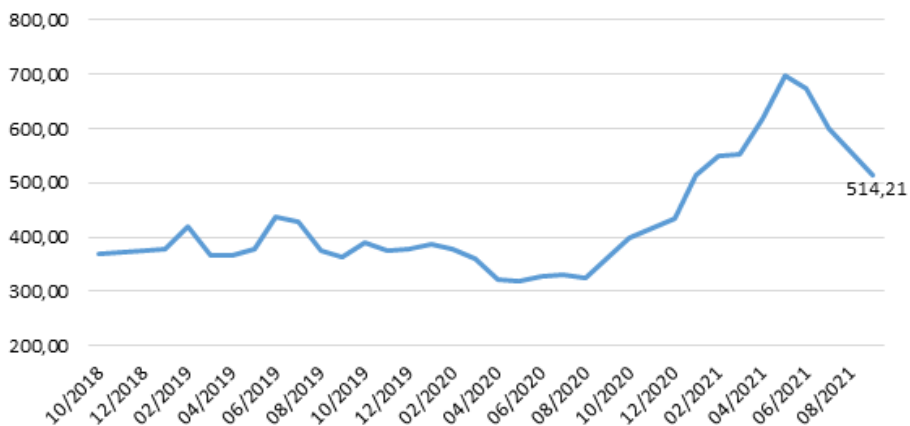


Figura 6. Evolução das cotações médias mensais de milho em Chicago (USCents/bushel). Fonte: CMEGroup.

A evolução dos preços pagos aos produtores brasileiros foi mais acentuada no final de 2020 (Figura 3) pois, naquele momento, a paridade com o valor recebido nas exportações dava o tom das cotações domésticas.

Outro ponto favorável, sobretudo sobre a paridade de exportação foi a cotação do dólar que, desde março de 2020, vem operando acima de R\$ 5,00, chegando próximo de R\$ 6,00, mas com média de R\$ 5,35. Somando ao dólar, as cotações na Bolsa de Chicago e os prêmios nos portos sempre positivos, as condições internas do cereal se mantiveram em patamares elevados.

Com a confirmação da quebra da 2ª safra de milho pouco antes da colheita, as cotações domésticas passaram a ser influenciadas mais pela paridade de importação do que pela paridade de exportação, tendo em vista que a demanda interna aumentou de 68,7 milhões para 70,9 milhões de toneladas. Conforme a figura 1, 66,3% da demanda doméstica total é destinada ao setor de produção de proteína animal, destacando o setor de aves e suínos que, juntos, respondem por 38,5 milhões de toneladas (54,3%) e, por isso, é um dos setores que mais tem sentido o peso dos atuais patamares de preços do milho, bem como a menor disponibilidade do grão.

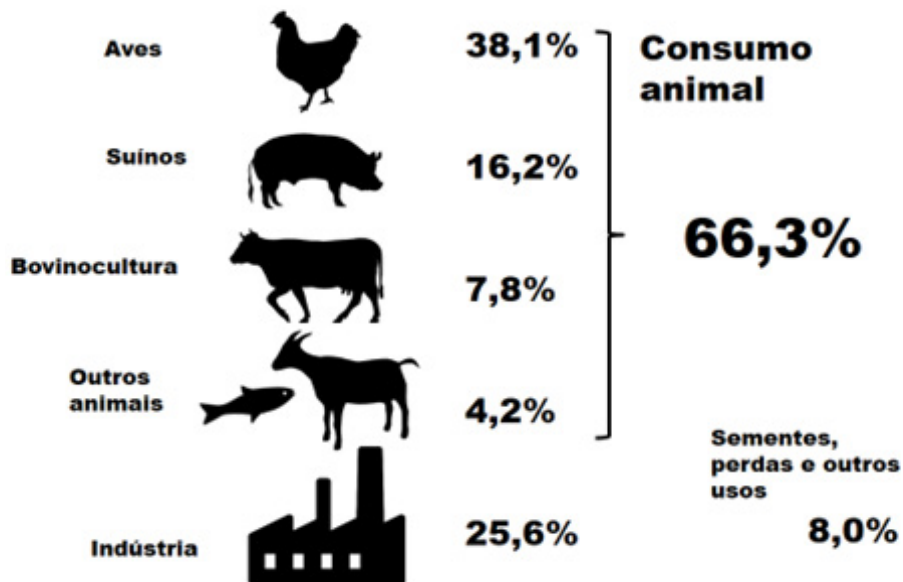


Figura 1. Consumo doméstico de milho no Brasil em 2020. Fonte: Conab, IBGE, Abimilho, ABPA e Sindirações.

Outro destaque na demanda doméstica é o consumo de milho para a indústria, responsável por 25,6% do total ou 18,2 milhões de toneladas do consumo do cereal. E, nesse consumo da indústria está a utilização para produção de flocos, óleo e fubá de milho, bem como o uso do grão para a produção de etanol.

A indústria do etanol começou a atuar no Brasil desde 2017, onde esmagou apenas 500 mil toneladas. Em função de uma necessidade de mercado e da disponibilidade crescente de milho, o estado do Mato Grosso se tornou o principal produtor de etanol de milho, visto que em 2020, já possuía, segundo dados da União Nacional do Etanol de Milho (Unem, 2020), oito usinas em funcionamento, duas em construção e mais 12 projetos (Figura 2). Há unidades, também, em Goiás, São Paulo e Paraná.



Figura 2. Usinas de etanol de milho em operação e em construção no Brasil em 2020. Fonte: Unem, 2020.

Dentre o perfil das indústrias, há usinas Flex, que esmagam tanto cana de açúcar quanto milho e, no geral, são usinas mais antigas de produção de etanol à base de cana que se adaptaram para utilização do milho. No entanto, as novas plantas são de usinas Full, ou seja, esmagam somente milho para a produção de etanol.

Estas usinas tem demandado, sobretudo, o milho 2ª safra para sua produção. Neste contexto, tem ocorrido uma forte competição com as *tradings*, por terem um *break even point* (ponto de equilíbrio) alto, visto que há uma comercialização não só do biocombustível, mas também de subprodutos muito valorizados no mercado, como óleo de milho e o DDG (*dried distillers grains*). Por isso, conseguem ofertar preços vantajosos aos produtores de milho, bem como entram na sistemática de compra antecipada do cereal.

Assim, o consumo de milho para a produção de etanol deu um salto significativo, saindo de 500 mil toneladas em 2017 para 7,2 milhões de toneladas (Figura 7). Evidente que a expectativa de aumento no consumo deste segmento era acima do realizado, visto que muitos agentes do setor acreditavam que, em virtude das projeções de construções de novas usinas, o Brasil já deveria destinar algo em torno de 10,0 milhões de toneladas.

Contudo, as condições de um cenário de cotações de milho fortemente altistas, acabou por diminuir o ímpeto na expansão de novas usinas. Todavia, o aumento dos combustíveis, bem como a valorização do DDG, visto que este acompanha, não somente o preço do milho, mas as cotações do farelo de soja, deram novo ânimo ao setor.

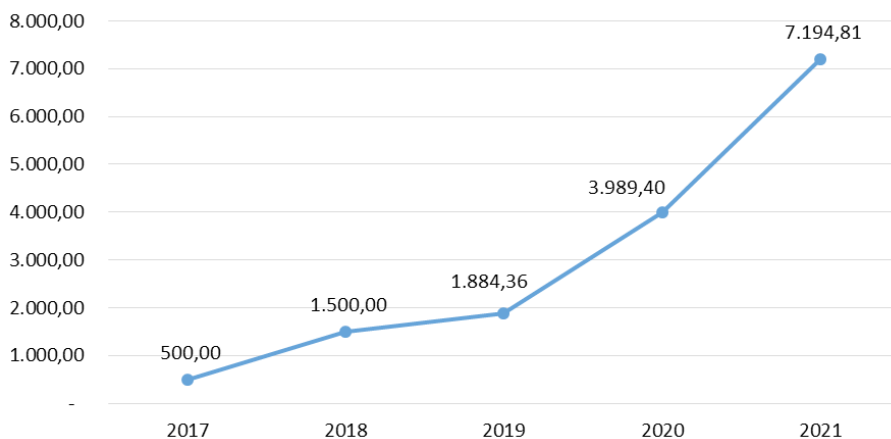


Figura 7. Evolução da demanda de milho para produção de etanol no Brasil (mil toneladas). Fonte: Conab, 2021 (não publicado).

A tabela 3 apresenta o balanço entre a oferta e a demanda de milho na safra 2020/21. Enquanto o estado do Mato Grosso é superavitário e deverá ter um excedente de 6,6 milhões de toneladas, os estados de São Paulo e Santa Catarina são os que tem um déficit acima de 5,0 milhões de toneladas, tornando-os altamente dependentes de outras Unidades da Federação. Contudo, o estado do Mato Grosso, além de ser o maior

produtor de milho, é o principal demandante de milho para a produção de etanol e, com isso, se configura como o principal consumidor de milho do país.

Cabe ressaltar que o estado do Paraná, um tradicional fornecedor de milho para o Sul e Sudeste do país, em função da quebra da produção do milho 2ª safra, em razão de seca e geada, também está deficitário nesta safra.

Tabela 3. Oferta e demanda de milho da safra 2020/21, por estado

U.F.	OFERTA (A)		DEMANDA (B)		(A - B) (EM MIL T)
	PRODUÇÃO	IMPORTAÇÃO	INTERNO	EXPORTAÇÃO	
RR	90,0	0,0	58,2	2,0	29,9
RO	1.079,1	0,0	253,5	130,0	695,6
AC	91,9	0,0	82,2	4,5	5,2
AM	23,2	0,0	85,0	0,6	-62,4
AP	1,2	0,0	23,6	0,0	-22,4
PA	1.114,7	0,0	1.025,1	213,0	-123,4
TO	1.115,6	0,0	489,3	445,8	180,5
Norte	3.515,7	0,0	2.016,9	795,9	703,0
MA	2.348,1	0,0	627,4	665,3	1.055,4
PI	2.096,0	0,0	556,6	185,6	1.353,8
CE	458,0	250,0	1.507,8	0,0	-799,8
RN	27,7	0,0	244,2	0,0	-216,5
PB	49,6	150,0	281,4	0,0	-81,8
PE	141,0	200,0	1.372,1	0,0	-1.031,1
AL	172,9	0,0	173,0	10,0	-10,1
SE	687,6	0,0	443,6	0,0	244,0
BA	2.404,5	0,0	1.621,8	80,0	702,7
Nordeste	8.385,4	600,0	6.828,0	940,9	1.216,4
PR	9.614,2	825,0	11.733,5	1.309,7	-2.604,0
SC	1.980,4	540,0	8.080,2	30,5	-5.590,3
RS	4.390,1	320,0	7.268,8	294,0	-2.852,7
Sul	15.984,7	1.685,0	27.082,4	1.634,3	-11.047,0
MG	6.085,8	0,2	3.921,8	183,3	1.980,9
ES	33,3	0,0	1.013,6	0,3	-980,6
RJ	3,2	0,0	183,5	0,0	-180,3
SP	3.270,8	9,1	8.849,9	253,5	-5.823,5
Sudeste	9.393,1	9,3	13.968,8	437,0	-5.003,4
MT	33.243,9	0,4	12.310,0	14.286,2	6.648,2
MS	6.429,0	5,0	2.576,5	1.440,9	2.416,6
GO	8.431,0	0,3	5.400,0	2.458,1	573,2
DF	366,2	0,0	673,4	6,8	-313,9
C-Oeste	48.470,1	5,7	20.959,9	18.191,9	9.324,0
C-Sul	73.847,9	1.700,0	62.011,1	20.263,2	-6.726,4
N/NE	11.901,1	600,0	8.844,9	1.736,8	1.919,4
BRASIL	85.749,0	2.300,0	70.856,0	22.000,0	-4.807,0

Fonte: Conab, 2021 (não publicado).

Esta conjuntura reforça a necessidade de importação de milho de países como Paraguai e Argentina, bem como contribuiu para o descolamento das cotações do mercado interno com os preços de paridade de exportação, principal padrão de formação dos preços domésticos do milho até então.

Todo este cenário corrobora com a grande preocupação do setor de proteína animal com o abastecimento interno de milho, não somente em relação à rentabilidade do criador.

Observa-se que na Figura 2, citado anteriormente, o estoque de passagem previsto para o final da safra 2020/21, não ultrapassa 5,8 milhões de toneladas, ou seja, menos de um mês de consumo.

Assim, diante dos preços internos remuneradores e da necessidade de atendimento de uma alta demanda, possivelmente, deverá haver um incremento na área plantada da safra 2021/22.

No trabalho de Perspectiva para a Agropecuária - v.9 - safra 2021/22, publicado pela Conab (2021c) em agosto de 2021, estima-se um crescimento de área de 3% em relação à área semeada em 2020/21 e uma produção esperada de 115,9 milhões de toneladas, o que permitiria o atendimento da demanda interna e externa.

Obviamente, que o maior incremento de área deverá ser para o milho 2ª safra, pois a estimativa de área para o plantio de soja, cultura concorrente do milho 1ª safra, também é de aumento.

4. EXPORTAÇÕES BRASILEIRA DE MILHO E O ARCO NORTE

Como já apresentado na figura 2, a expectativa de exportação de milho para a safra 2020/21, em maio de 2021, era de 35,0 milhões de toneladas, vez que o Brasil é reconhecidamente um grande *player* mundial no cenário do mercado de milho, estando, desde a safra 2011/12 (exceto em 2015/16), somente atrás dos Estados Unidos no ranking dos principais exportadores do cereal.

Na figura 8, a exceção das safras 2014/15 e 2015/16, observa-se que o comportamento das exportações ao longo do ano segue uma tendência de aumento ou diminuição de volume, conforme se observa o que ocorre no 1º semestre de cada ano-safra. Desta feita, de acordo com o embarcado de fevereiro a agosto deste ano, a expectativa de exportação de 22,0 milhões de toneladas tende a se confirmar, sendo a pior performance, desde a safra 2015/16.

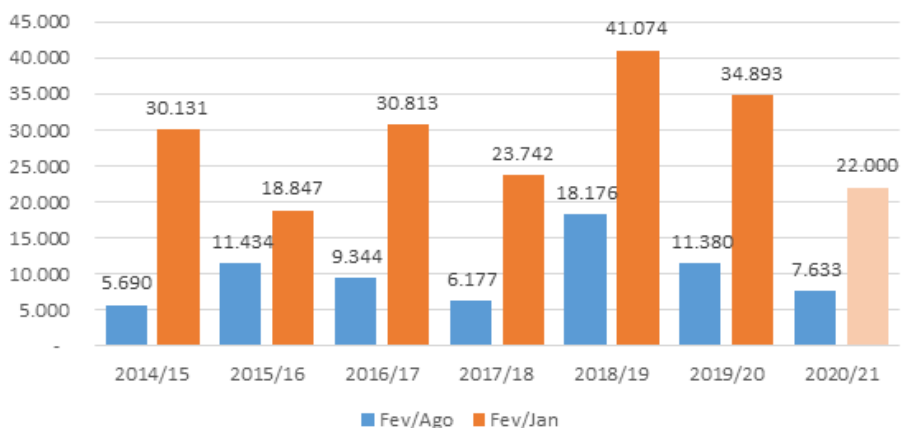
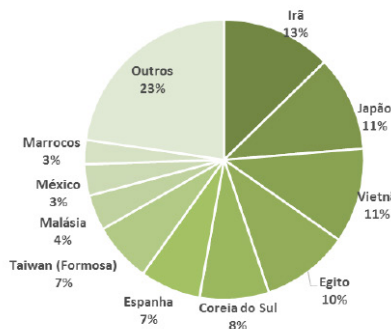


Figura 8. Evolução das exportações brasileiras de milho (mil toneladas). Nota: A safra 2020/21 é estimativa da Conab (2021d). Fonte: Comex stat, 2021.

Evidentemente que uma das grandes preocupações, diante dessa forte redução nas exportações brasileiras, se deve à possibilidade de perda de *market share* (participação de mercado), em função dos *washouts* solicitados, em países parceiros importantes como Japão, Egito e Coreia do Sul, que estavam entre os cinco principais importadores de milho do Brasil (Figura 3).

2020



2021

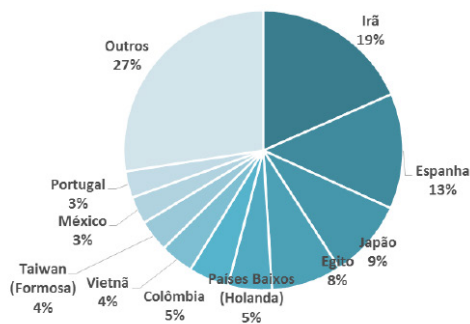


Figura 3. Principais importadores de milho do Brasil em 2020 e 2021. Nota: As exportações de 2021 são referentes ao acumulado de fevereiro a agosto. Fonte: Comex stat, 2021.

Todavia, acredita-se que para a safra 2021/22, o Brasil recupere a sua posição como 2º maior exportador, tanto que o último relatório do USDA (2021), indica um volume de 43 milhões de milho exportado pelo Brasil, mantendo o país como o 2º maior exportador.

No trabalho de Perspectivas para Agropecuária-safra 2021/22 da Conab (2021), há uma estimativa de exportação de 39,0 milhões de toneladas, impulsionada pela situação cambial, já que não há previsão de queda significativa, bem como no arrefecimento das cotações internas, mas dentro da paridade de exportação, com a expectativa de incremento da produção de milho, sobretudo o milho 2ª safra.

Além disso, o direcionamento do escoamento de exportação de milho cada vez maior para os portos Arco Norte, sobretudo do produto originário do Mato Grosso, Goiás e Matopiba, tem melhorado as condições dos preços pagos aos produtores, reduzindo o impacto logístico que tradicionalmente afeta as cotações.

Para se ter uma ideia de como este cenário mudou, observa-se na figura 9 que a participação do Arco Norte no montante de milho exportado pelo Brasil, saiu de 4,85% em 2010 para 40,95% em 2020, levando-se em consideração, também, que a exportação de milho, no período analisado, triplicou, ou seja, a importância deste complexo de portos é bastante significativa.

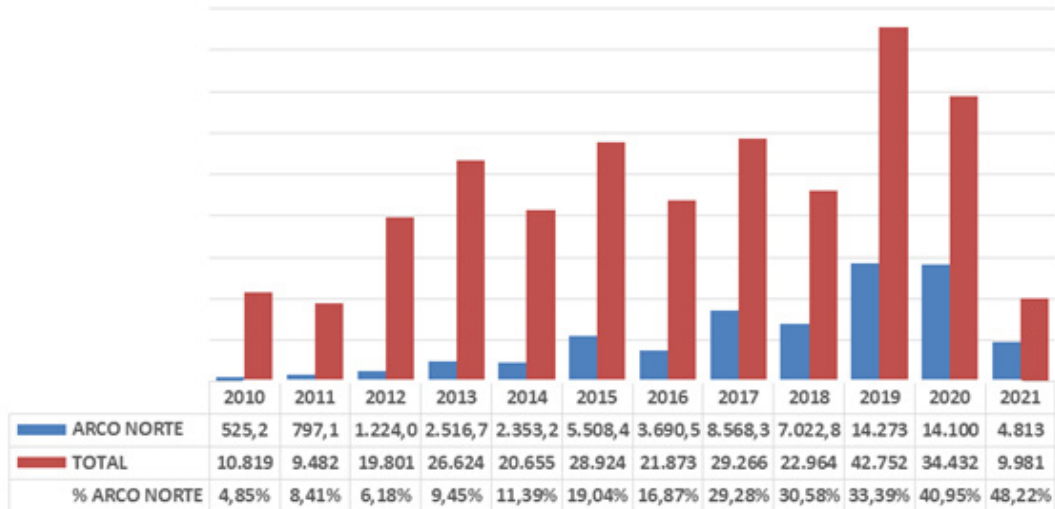


Figura 9. Evolução das exportações brasileiras de milho pelo Arco Norte (mil toneladas). Nota: Dados de 2021 referem-se aos valores de janeiro a agosto. Fonte: Comex stat, 2021.

Em 2020, conforme a figura 10, para embarques de milho direcionados ao mercado externo, o Arco Norte teve como principais portos: Barcarena (PA), Itaqui (MA), Santarém (PA), Itacoatiara (AM) e Santana (BA).

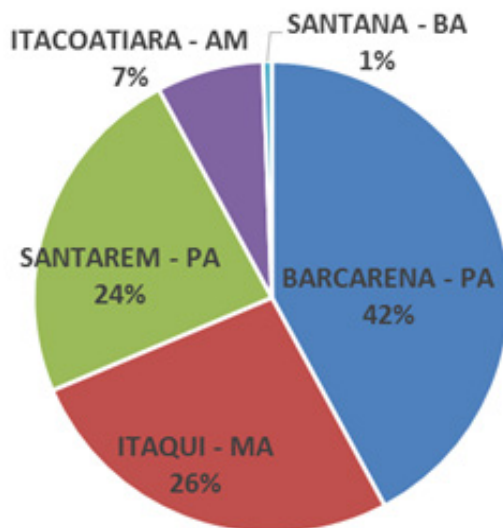


Figura 10. Exportação relativa (%) de milho por porto em relação ao total do Arco Norte, em 2020. Fonte: Comex stat, 2021.

Muito desse momento deve-se a investimentos na infraestrutura portuária, bem como em logística de transporte, sobretudo com forte participação da iniciativa privada, por meio de concessões e parcerias público-privadas.

Segundo a Associação dos Terminais Portuários Privados (ATP, 2021), os investimentos privados, de 2013 até 2020, nos Terminais de Uso Privado (TUP), somam mais de R\$ 40 bilhões, sendo que destes, R\$ 10,3 bilhões foram no Arco Norte, abaixo apenas dos investimentos nos terminais portuários da região Sudeste, que foi de R\$ 22,4 bilhões. Diante do volume de produção crescente no Brasil, possivelmente, tais investimentos devem aumentar.

Algumas iniciativas do Governo como o BR do Mar, que se encontram em discussão no Congresso Nacional, tendem a incentivar o uso de cabotagem para a movimentação interna de cargas, o que pode criar mais oportunidades para o escoamento da produção de milho no Brasil, por meio dos Portos do Arco Norte.

Outro ponto é o volume de investimentos para finalização de rodovias importantes para o escoamento da safra, sobretudo a BR 163, que promoveu ainda mais o direcionamento das cargas de milho do Mato Grosso em direção aos portos do Pará como Barcarena e Santarém, diminuindo o custo de frete, se comparado às rotas do Mato Grosso a Santos, por exemplo.

As cotações de frete apresentam uma diferença entre os portos de Santos e Paranaguá com os do Arco Norte, que variam entre R\$ 60,00 e R\$ 140,00/tonelada (Figura 11). Diante disso, os produtores mato-grossenses da região Médio Norte do estado, optam pelas negociações para embarques via portos do Arco Norte.

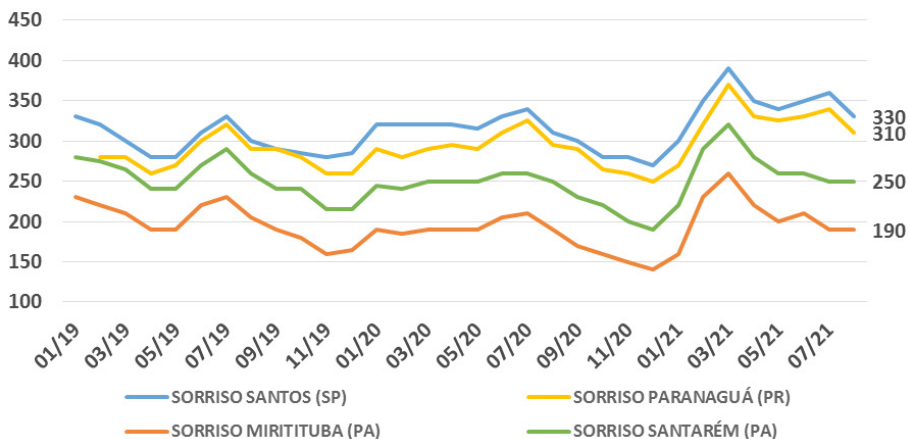


Figura 11. Evolução das cotações de frete rodoviário - R\$/tonelada. Fonte: Conab, 2021b.

Nessas condições, a paridade de exportação permite um valor mais remunerador ao produtor quando o destino dos embarques se direciona aos portos do Arco Norte.

Se for levado em consideração possibilidade de sistemas multimodais de transporte, seja rodo-ferroviário ou rodo-hidroviário, o impacto no custo de movimentação de milho tende a beneficiar cada vez mais o produtor do grão, que poderá ter uma maior rentabilidade na sua atividade.

A expectativa é de que, cada vez mais, seja utilizado um sistema de multimodalidade, sobretudo, com ferrovias e rodovias, tendo em vista o investimento e o número de concessões para utilização e construção de sistemas ferroviários, tais como: a Ferrovia Norte-Sul (FNS), que ligará desde o porto de Itaqui (MA) até o porto de Rio Grande (RS); Ferrovia de Integração Leste-Oeste (FIOL), ligará na FNS na região Sudeste do Tocantins até o porto de Ilhéus (BA); a Transnordestina, ligando o Piauí (Eliseu Martins) até os portos de Suape (PE) e Pecém (CE); e a Ferrovia de Integração Centro-Oeste (FICO) ou Transcontinental, atravessando o Mato Grosso, passando por Rondônia e chegando ao Acre, podendo fazer ligação com países vizinhos para, futuramente, pode transportar

grãos pelo Pacífico. Evidentemente, que muitos trechos ainda deverão ser leiloados, mas com boas perspectivas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O milho 2^a safra, apesar de passar por um ano de fortes quebras, que influenciou diretamente na formação dos preços domésticos, possibilitando uma remuneração ainda maior, compensado os prejuízos em função do clima, tem boas perspectivas para a próxima safra, tendo em vista a demanda cada vez mais aquecida e os investimentos em infraestrutura logística.

O cenário do mercado de milho, que operava constantemente em níveis de preço mínimo, mudou. A movimentação do produto do Mato Grosso pelo Arco Norte, a expansão das usinas de produção de etanol à base de milho, bem como a própria demanda para o setor de proteína animal e a consolidação do país como um grande exportador darão o tom do mercado nos próximos anos. A expectativa é de que os preços domésticos tenham uma certa retração para a próxima safra, mediante a expectativa de aumento de área plantada e uma produção recorde, sobretudo para o milho safrinha, bem como a possibilidade de uma boa safra nos Estados Unidos. Contudo, as cotações do dólar e a forte demanda pelo grão, incluindo a demanda chinesa, não deverão permitir uma queda acentuada.

Espera-se que o preço do milho tenha tendência a um ponto de equilíbrio, ou seja, que não seja tão elevado ao ponto de prejudicar o setor de proteína animal, mas que garanta uma boa rentabilidade ao produtor de milho.

Ainda assim, é fundamental que o produtor continue acompanhando as expectativas de mercado e opte por garantir liquidez de comercialização, negociando parte de sua produção de forma antecipada, visando garantir o pagamento dos investimentos.

Outro ponto importante é a necessidade cada vez mais urgente de investimentos em armazéns em níveis de fazenda, para que o produtor participe de oportunidades que acabam surgindo ao longo de uma safra. Porém, é necessário conhecer os aspectos de mercado, bem como os custos de manutenção dos estoques.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO DOS TERMINAIS PORTUÁRIOS PRIVADOS (ATP). DATA Port. Disponível em: <https://www.portosprivados.org.br/publicacoes/data-port>. Acesso em: 15 set. 2021

COMEX STAT, Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços, 2021. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 12 set. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da Lavouras 13 a 19/03/2021**, 2021a. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/progresso-de-safra/item/download/36375_826c09227ae2d59a7234fa0a747c92b1. Acesso em: 05 set. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 7, sétimo levantamento, abr. 2021b.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Perspectivas para a Agropecuária**, Brasília, DF, v. 9, safra 2021/22, Edição Grãos, ago. 2021c.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 12, décimo segundo levantamento, set. 2021d.

UNIÃO NACIONAL DO ETANOL DE MILHO (Unem). 2020. Disponível em: <https://www.etanoldemilho.com.br/e> https://www.instagram.com/unem_etanol_de_milho. Acesso em: 05 set. 2021

U.S. **Department of Agriculture** (USDA). U. S. Export Sales, 2021a. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/export-sales/esrd1.html>. Acesso em: 02 set. 2021.

U.S. **Department of Agriculture** (USDA). World Agricultural Supply and Demand Estimates - WASDE 616, 10 de setembro de 2021b, ISSN: 1554-9089.

III. IMPORTÂNCIA DO MILHO SAFRINHA E DOS CULTIVOS ALTERNATIVOS

Claudinei **Kappes** ⁽²⁾

Fábio Benedito **Ono** ⁽²⁾

Rayane Gabriel da **Silva** ⁽¹⁾

RESUMO

Nos principais estados produtores de grãos têm sido comum o cultivo de milho safrinha na sucessão com soja. São duas culturas de alto sinergismo ao considerar-se aspectos operacionais, econômicos e técnicos. No presente capítulo serão abordados os principais aspectos técnicos que retratam a importância do milho safrinha e dos cultivos alternativos nos sistemas de produção. Embora a sucessão soja-milho safrinha seja predominante, resultados têm sido satisfatórios quando o milho safrinha compõe esquemas de rotação de culturas, integração lavoura-pecuária e sistemas de cultivos alternativos. Por ser uma gramínea com sistema radicular profundo e volumoso, de rápido crescimento e elevado potencial de produção de biomassa, o milho safrinha propicia diversos benefícios agrônômicos. Sua contribuição no campo pode ser percebida no estabelecimento da cultura da soja, sobretudo em anos com má distribuição de chuvas; na fertilidade química, física e biológica do solo, na ciclagem de nutrientes e na sanidade das culturas sucessoras. O milho safrinha é o “alicerce” dos sistemas de produção de culturas anuais e tem contribuído para a construção de ambientes eficientes ao longo do tempo. Sorgo, girassol, feijão, gergelim e culturas de cobertura e/ou de inverno podem substituir

⁽¹⁾ Pesquisadores, NemaBio Laboratório e Pesquisa Agronômica, CEP 78556-106, Sinop - MT. claudinei.kappes@nemabio.com.br; rayane.gabriel@nemabio.com.br

⁽²⁾ Pesquisador, Fundação MT, CEP 78750-360, Rondonópolis - MT. fabioono@fundacaomt.com.br

o milho safrinha em áreas que não condicionam época adequada para a semeadura do milho, cujas finalidades podem ser variadas.

Palavras-chave: sucessão de culturas, sistemas consorciados, culturas de cobertura.

1. INTRODUÇÃO

A partir da safra 2011/12, o milho safrinha passou a ser o maior responsável pela área cultivada e produção brasileira de milho. O destaque vai para a região Centro-Oeste, que nos últimos 10 anos viu sua área de milho safrinha saltar de 4,5 milhões de hectares em 2012 para 9,6 milhões de hectares em 2021, aumento de 113%. No mesmo período, a produção do cereal passou de 25,4 milhões para 46,1 milhões de toneladas, incremento de 82%, de acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2021).

Nas principais regiões produtoras, o milho safrinha é cultivado após a soja. São duas culturas que apresentam alto sinergismo ao considerar-se aspectos operacionais (otimização no uso de máquinas, equipamentos e infraestrutura), econômicos (duas receitas financeiras por ano) e técnicos. Neste último, a soja contribui com o aporte de N biológico ao milho e o milho favorece a soja pelo seu sistema radicular profundo e volumoso (melhorias na fertilidade do solo), oferta de quantidades satisfatórias de palhada (controle de erosão, viabilização do sistema de semeadura direta e favorecimento no estabelecimento das culturas) e redução nas populações de nematoides, a depender das espécies na área.

Apesar da sucessão soja-milho safrinha ser o sistema predominante, os resultados têm sido muito satisfatórios quando o milho safrinha passa a compor esquemas de rotação de culturas, integração lavoura-pecuária (ILP) e sistemas de cultivos alternativos. Devido a este sucesso dinâmico, o milho safrinha é considerado o “alicerce” dos sistemas de produção de culturas anuais e tem contribuído para a construção de ambientes eficientes ao longo do tempo.

Áreas que não condicionam época adequada para a semeadura do milho safrinha devem ser exploradas com culturas mais eficientes no uso da água, como sorgo, milheto, braquiária, gergelim, girassol e culturas de cobertura e/ou de inverno, cujas finalidades podem variar desde produção de grãos, silagem, manejo de nematoides, cobertura do solo, ciclagem de nutrientes, incremento de matéria orgânica e N ao solo, até a ILP.

No presente capítulo serão abordados os principais aspectos técnicos que revelam a importância da inserção do milho safrinha e dos cultivos alternativos nos sistemas de produção.

2. PANORAMA DA PRODUÇÃO DE MILHO NO BRASIL

A semeadura de milho no Brasil ocorre, basicamente, em duas épocas: primeira safra (ou safra de verão) e segunda safra (ou safrinha). A semeadura de verão é realizada em todos os estados no período chuvoso, que ocorre entre setembro e outubro na região Sul, e entre outubro e novembro nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. No Nordeste, esse período ocorre no início do ano. A safrinha refere-se ao milho de sequeiro, semeado extemporaneamente, geralmente de janeiro a março ou até, no máximo, meados de abril, quase sempre depois da soja e predominantemente nos estados da região Centro-Oeste, no Paraná e na região paulista do Médio Paranapanema.

2.1. Área cultivada, produção e produtividade

Nos últimos anos tem-se verificado decréscimo nas áreas cultivadas na primeira safra, mas compensado pelo aumento da semeadura no período da safrinha (Figura 1). Os dados da Conab apontaram um marco importante na safra 2011/12, em que o milho safrinha passou a ser o maior responsável pela área cultivada e produção nacional de milho.

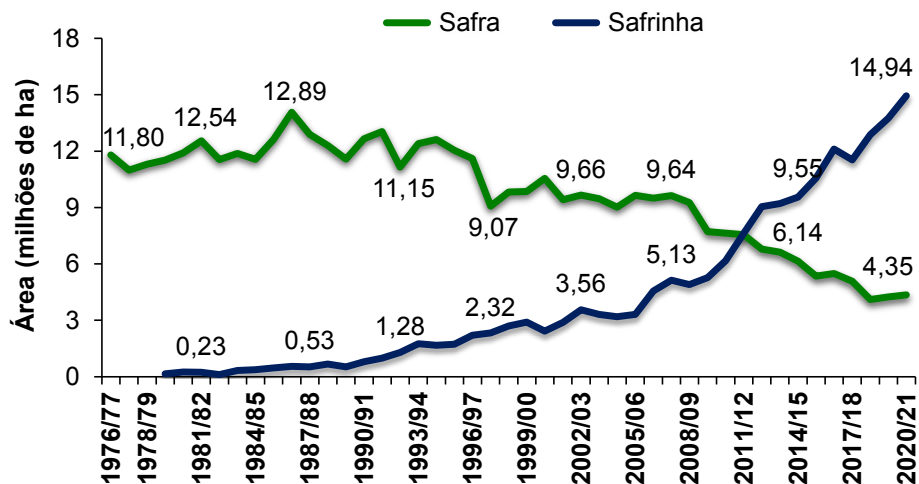


Figura 1. Área cultivada de milho safra e safrinha no Brasil no período de 1976/77 a 2020/21. Fonte: Elaborado a partir dos dados da “Série Histórica das Safras” da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2021).

A produção brasileira de milho total (safra e safrinha) nos últimos 10 anos passou de 57,4 milhões de toneladas na safra 2010/11 para 102,6 milhões de toneladas na safra 2019/20 (aumento de 78,7%). Em relação à área cultivada, nesse mesmo período, houve acréscimo de 34,2%, passando de 13,81 milhões de hectares para 18,53 milhões de hectares. O incremento da produção nacional de milho é justificado não apenas pelo aumento da área cultivada, mas também pelo aumento da produtividade. Na safra 2010/11, a produtividade média era de 4.158 kg ha⁻¹, passando para 5.537 kg ha⁻¹ na safra 2019/20 (Conab, 2021), ou seja, um acréscimo de 33,2%. Portanto, a produtividade apresentou, na última década, um avanço expressivo e muito similar ao da área cultivada.

Na escalada da produção brasileira de milho pelas regiões é clara uma forte subida em direção à área central do País. O Centro-Oeste, que há 20 anos aparecia em terceiro lugar geral, atrás do Sul e do Sudeste, há alguns anos ocupa a primeira posição e vem ampliando diferenças com o avanço da safrinha (Kist et al., 2018).

Nos últimos 10 anos, a área de milho safrinha no Centro-Oeste passou de 4,5 milhões de hectares em 2012 para 9,6 milhões de hectares em 2021, aumento de 113%. No mesmo período, a produção saltou de 25,4 para 46,1 milhões de toneladas, representando incremento de 82%, de acordo com dados da Conab (2021). Tal evolução consagra esta região como a detentora da maior área cultivada, produção e produtividade de milho safrinha do Brasil.

Os estados que mais cultivam milho safrinha, em ordem decrescente são: Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul e Goiás. Juntos, esses foram responsáveis por 81% de toda área de milho cultivada na safrinha de 2021 no Brasil. Mato Grosso, que há duas décadas estava na segunda posição na classificação geral na produção de milho safrinha no País, aparece em 2021 com folga na primeira colocação, com 32,8 milhões de toneladas, sendo responsável por 55,2% do total produzido no País nesta época de cultivo. Depois, se consolidaram como o segundo e terceiro maiores produtores nacionais os estados do Goiás e Paraná, com 6,8 milhões e 6,5 milhões de toneladas em 2021, respectivamente.

O uso de cultivares precoces de soja, com conseqüente favorecimento da época de semeadura do milho; lançamentos de híbridos com alta performance e elevado potencial produtivo; melhoria do manejo fitossanitário; correção química do solo; adoção da adubação em superfície; consolidação da semeadura direta e de novas práticas de manejo do solo; adaptação dos sistemas de produção às condições climáticas desfavoráveis; desenvolvimento de tecnologias e de implementos agrícolas com elevado rendimento operacional; e condições edafoclimáticas favoráveis, são os principais aspectos agrônômicos que permitiram o avanço do nível tecnológico e a expansão na área de cultivo e produção de milho safrinha no Centro-Oeste brasileiro.

3. INSERÇÃO DO MILHO SAFRINHA NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

A inserção do milho safrinha nos mais variados sistemas de produção tem adquirido cada vez mais importância em consequência dos benefícios gerados. Nos principais estados produtores de grãos têm sido muito comum o cultivo de milho safrinha na sucessão com soja. Mas, tanto na pesquisa quanto em lavouras comerciais, os resultados têm sido muito satisfatórios quando o milho safrinha passa a compor esquemas de rotação de culturas, ILP e sistemas de cultivos alternativos.

3.1. O milho na sucessão com soja

Até o final da década de 1980 na região Centro-Oeste predominava-se a utilização de cultivares de soja consideradas tardias, com ciclo variando de 130 a 150 dias, que associadas à semeadura no mês de novembro e à colheita concentrada no mês de março, adentrando a abril, não permitia agronomicamente a implantação do milho em sua sucessão. Com o passar dos anos, os sistemas de produção foram evoluindo e a antecipação da época de semeadura da soja, associada ao uso de cultivares de menor ciclo, permitindo, gradativamente, a expansão do cultivo de milho safrinha.

No início da década de 1990, o milho safrinha começou a ser inserido nos sistemas de produção com soja no Centro-Oeste devido à aptidão agrícola das áreas e ao uso de cultivares de soja com menor ciclo, atendendo o desejo que o produtor tinha em cultivar algo após a colheita desta leguminosa e o anseio em maximizar o uso de sua infraestrutura técnico-operacional. Porém, as produtividades de milho nessa época eram muito baixas, devido à ausência de híbridos produtivos adaptados, baixo investimento tecnológico, uso de cultivares de ciclo longo (140 a 160 dias) que, associadas à semeadura tardia, a partir de meados de março, limitavam a obtenção de altas produtividades.

A chegada da ferrugem-asiática-da-soja na safra 2001/02 foi um marco catastrófico para a sojicultura brasileira. Mas, em contrapartida, teve contribuição relevante para o sucesso do cultivo do milho safrinha, pois foi responsável por desencadear duas estratégias de manejo: (i) o deslocamento ou antecipação da época de semeadura da soja para o final de setembro e o início de outubro; e (ii) o estímulo ao produtor em exigir, junto aos programas de melhoramento genético, o lançamento de cultivares de soja ainda mais precoces. Portanto, as duas estratégias de manejo foram baseadas no “escape” da doença e ainda hoje são táticas eficazes para o sucesso em seu manejo, além do uso de fungicidas via aplicações foliares e do vazio sanitário. Com a adoção destas estratégias de manejo, o milho conquistou espaço e passou a se beneficiar por uma época mais adequada de semeadura no período de safrinha, culminando em maiores produtividades. Via de regra, quanto mais cedo sua semeadura é realizada, menores são os riscos de perdas de produtividade por restrições hídricas no Mato Grosso, Goiás e região Norte do Mato Grosso do Sul e por geada no Paraná e região Sul do Mato Grosso do Sul. A produtividade do milho safrinha começa a ser definida no planejamento de semeadura da soja.

O sucesso dos produtores pioneiros do milho safrinha foi responsável pelo aparecimento de muitos seguidores, notadamente os interessados na comercialização do produto. Atualmente, é inquestionável que a soja é a principal cultura dos estados que mais cultivam milho safrinha. Contudo, é possível afirmar que se o produtor tivesse insistido no monocultivo de soja, prática amplamente realizada no passado, os níveis de produtividade desta leguminosa seriam muito menores que os registrados na atualidade. A quantidade de palhada deixada pela soja após sua colheita é pequena, que aliada à sua rápida decomposição (baixa relação C/N), é um problema para viabilizar o sistema de semeadura direta. Para contornar essa dificuldade, a soja deve compor esquemas de sucessão e/ou rotação de culturas adequadamente planejados, os quais devem propiciar uma boa cobertura do solo e a sua suficiente reposição.

Por outro lado, a considerável quantidade de palhada deixada pelo milho safrinha tem contribuído para a construção de sistemas de produção eficientes ao longo do tempo, mediante ciclagem de nutrientes, manutenção da fertilidade, umidade e temperatura do solo, diversificação biológica, diminuição do risco de erosão e perda de nutrientes e incremento da capacidade de absorção de água. Por apresentar relação C/N maior que a da soja, a taxa de decomposição da palhada do milho é mais lenta, proporcionando proteção do solo por maior período de tempo. Portanto, a inserção do milho em época de safrinha, nos mais variados sistemas de produção, teve contribuição fundamental e está sendo um dos fatores responsáveis por viabilizar o sistema de semeadura direta e o cultivo de soja em sua sucessão.

Com o objetivo de estabelecer estratégias de manejo adequadas em ambientes de Cerrado, desde a safra 2008/09, a Fundação MT tem conduzido pesquisas com sistemas de produção em um Latossolo Vermelho muito argiloso e de fertilidade construída. Em uma destas pesquisas, observou-se perdas significativas de produtividade de soja a partir da sétima safra quando o milho safrinha não foi inserido em sua sucessão (Figura 2). Essa observação ajuda a compreender o motivo de que nos últimos cinco anos, ao redor de 50% da área semeada com soja no Mato Grosso foi ocupada com milho safrinha em sucessão. O milho safrinha quando inserido na sucessão com soja, além de ter proporcionado aumento de produtividade desta leguminosa, havendo safra com mais de 90 sc ha⁻¹ (2018/19), gerou receita financeira adicional em comparação ao monocultivo de soja, uma vez que ao longo das 13 safras, a produtividade de milho safrinha foi de 122 sc ha⁻¹ ano⁻¹.

As produtividades de soja sob monocultivo e sucessão com milho safrinha foram semelhantes nas seis primeiras safras do estudo (Figura 2), as quais são justificadas pelo efeito tamponante do sistema (solo muito argiloso e de fertilidade construída no momento da instalação do experimento) e pelo histórico de cultivo da área (sistema soja-milho safrinha sob semeadura direta por muitos anos e com baixa incidência de nematoides), garantindo considerável longevidade produtiva do

monocultivo de soja. Em solos de textura média e arenosa, cuja dependência de palhada na superfície e de matéria orgânica é alta, e/ou com alta população de certas espécies de nematoides, provavelmente as perdas de produtividades de soja sob monocultivo seriam constatadas nos primeiros anos quando comparadas à sucessão soja-milho safrinha.

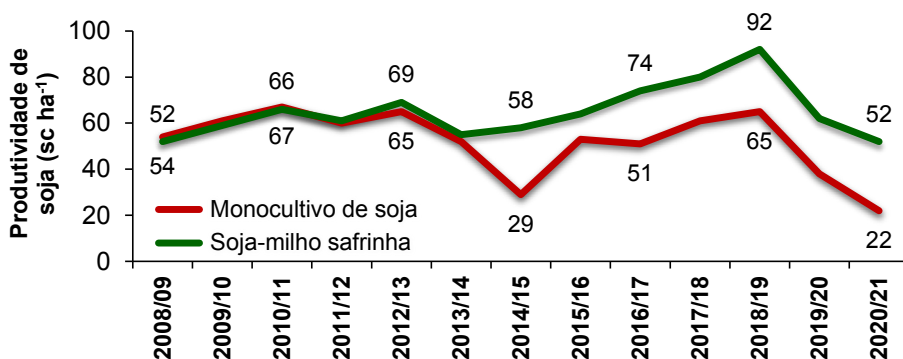


Figura 2. Produtividade de soja (safras 2008/09 a 2020/21) sob monocultivo e sucessão soja-milho safrinha ao longo de 13 safras no Mato Grosso. Fonte: Fundação MT (2021) - dados não publicados.

A figura 3 revela o aspecto visual da cultura da soja em fases vegetativas de desenvolvimento sob monocultivo e sucessão com milho safrinha na décima terceira safra do estudo, ocasião com má distribuição de chuvas em que a diferença produtiva entre tais sistemas de produção foi de 30 sc ha⁻¹ de soja.

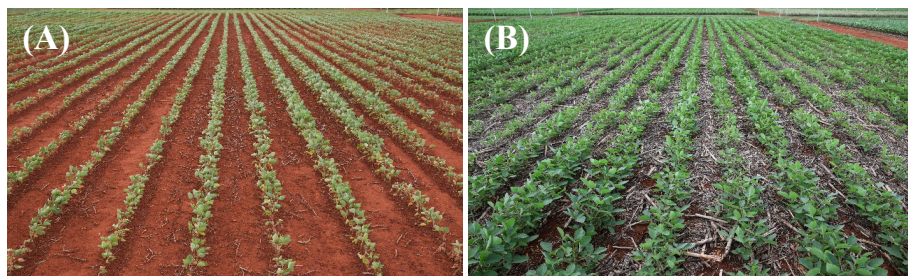


Figura 3. Cultura da soja sob monocultivo (A) e sucessão com milho safrinha (B) na décima terceira safra do estudo, ocasião com má distribuição de chuvas. Foto: Ono, F. B. e Fundação MT (2020/21).

Na sucessão com milho safrinha, a soja sempre foi considerada de maior relevância econômica de que o milho, justificando maiores investimentos em adubação e manejo fitossanitário. Porém, em termos de correção do solo e adubação neste cultivo sucessivo, deve-se considerar que ambas as culturas têm igual relevância e uma sub-adubação do milho, além de impactar diretamente em sua produtividade, também poderá interferir no desempenho da soja. Na figura 4 é possível verificar menor desenvolvimento de plantas de soja quando houve aplicação de baixas doses de N no milho safrinha (0 e 30/50 kg ha⁻¹) ao longo de oito anos consecutivos. Nesse caso, o manejo contínuo com baixas doses de N acarretou o empobrecimento do solo quanto ao estoque de N, afetando diretamente a soja, cultura que demanda quantidades elevadas do elemento.



Figura 4. Plantas de soja no estágio reprodutivo em função de doses de N aplicadas no milho safrinha ao longo de oito anos consecutivos (primeira dose aplicada nos cinco primeiros anos e segunda dose aplicada nos três últimos anos do estudo). Foto: Ono, F. B. e Fundação MT.

No sétimo ano do estudo (safra 2019/20) observou-se tendência de maiores produtividades de soja com o aumento da dose de N aplicada

no milho safrinha (Tabela 1). Na safra seguinte, a produtividade de soja incrementou, significativamente, à medida que se aumentou as doses de N no milho. A aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N no milho incrementou em 8,9 sc ha⁻¹ (15,8%) a produtividade de soja em comparação a ausência da adubação nitrogenada. Esses resultados revelam que uma boa produtividade de soja depende de uma boa nutrição nitrogenada do milho. Certamente, além dos efeitos diretos do N no sistema solo-planta, o elemento pode ter favorecido maiores produções de biomassa seca de parte aérea e o aprofundamento de raízes do milho no subsolo, bem como maiores taxas de ciclagem de nutrientes para a soja.

Tabela 1. Produtividade de soja (safras 2017/18 a 2020/21) em função de doses de N aplicadas no milho safrinha ao longo de oito anos consecutivos

T	N no milho safrinha		2017/18	2018/19	2019/20	2020/21
	----- kg ha ⁻¹ -----		----- Produtividade de soja (sc ha ⁻¹) -----			
1	0	0	81,2	92,1	63,9	56,3 b
2	30 (1)	50 (2)	79,9	92,5	65,8	57,4 b
3	60 (1)	100 (2)	79,6	91,7	67,7	61,6 ab
4	90 (1)	150 (2)	79,1	91,4	69,7	65,2 a
Teste F (P>F) (3)			ns	ns	ns	**
CV (%)			5,4	6,0	11,1	9,4

(1) Dose aplicada nos cinco primeiros anos do estudo. (2) Dose aplicada nos três últimos anos do estudo. (3) ns - não significativo; ** - significativo a 1% de probabilidade. CV - coeficiente de variação. Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,1$). Fonte: Fundação MT (2021) - dados não publicados.

3.2. O milho na rotação de culturas

Por ser uma cultura de valor econômico, o milho se tornou alternativa viável na composição dos sistemas de rotação de culturas com soja e algodão. Contudo, a definição em inserir o milho na rotação de culturas não pode ser feita simplesmente pelo interesse econômico (anos em que o mercado apresenta bons preços), uma vez que entre a

semeadura e a colheita, mudanças podem acontecer e trazer frustrações financeiras ao produtor. Os critérios técnicos devem ser considerados no planejamento da rotação de culturas com milho.

A inserção do milho em sistemas de rotação de culturas traz vários benefícios, como a manutenção da fertilidade do solo, diversificação biológica do sistema, redução na população de determinadas espécies de nematoides, diminuição do risco de erosão e perda de nutrientes, incremento da capacidade de absorção de água e da produtividade das culturas. Franchini et al. (2011) constataram respostas positivas da soja à rotação de culturas, particularmente quando cultivada após o milho de verão (Figura 5). Considerando a produtividade média da soja no sistema de rotação com milho em relação à observada na sucessão com trigo, o ganho acumulado na produtividade da oleaginosa correspondeu a 17%. Conforme tais pesquisadores, os efeitos positivos da rotação de culturas sobre a produtividade de soja podem ser atribuídos à recuperação da qualidade do solo devido a maior produção de biomassa da parte aérea e raízes pelas culturas da aveia e do milho, e ao fornecimento adicional de N pela leguminosa antecedendo ao milho.

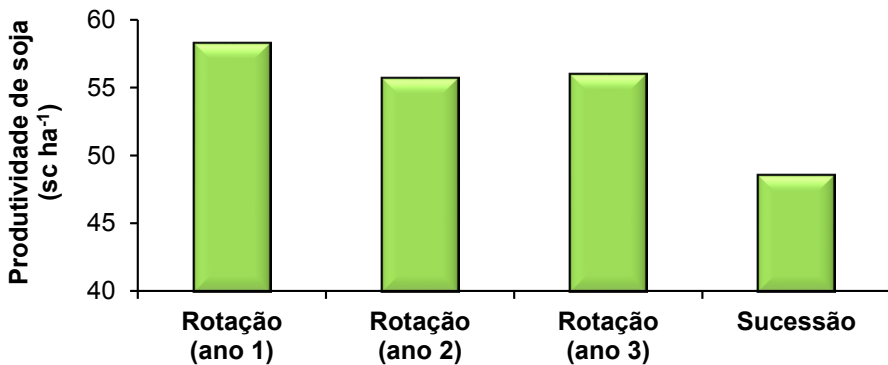


Figura 5. Produtividade média de soja (safras 1991/92 a 2008/09) em função do tempo após o cultivo do milho de verão, no sistema de rotação tremoço-milho / aveia-soja / trigo-soja / trigo-soja e no sistema de sucessão trigo-soja. A produtividade refere-se à média de cinco safras para as condições ano 1 e ano 2 após o milho, quatro safras para a condição ano 3 após o milho de verão e 21 safras para a sucessão trigo/soja. Fonte: Adaptado de Franchini et al. (2011).

3.3. O milho na integração lavoura-pecuária

Nas últimas safras, a técnica de produção que integra a lavoura com a pecuária tem caído no gosto de técnicos e produtores, principalmente em regiões de Cerrado, onde existem áreas extensas de pecuária sendo subutilizadas ou com pastagens apresentando algum grau de degradação. Nessas condições, o consórcio de milho com braquiária é uma alternativa que reduz os custos de implantação do pasto e propicia a produção de forragem de melhor qualidade. Outros fatores que têm contribuído para o aumento do número de adeptos desse sistema são o grande potencial produtivo e a finalidade que esse cereal apresenta, seja para produção de grãos (comercialização direta do produto) ou na forma de silagem para alimentação animal dentro da propriedade.

No sistema consorciado, com o início do secamento das folhas do milho ocorre maior penetração de luz, estimulando o rápido crescimento da braquiária. O produtor deve ficar atento nesta fase, uma vez que o atraso da colheita favorecerá o crescimento excessivo da braquiária, gerando transtornos operacionais. Após a colheita do milho, o produtor poderá optar em disponibilizar a braquiária para o pastejo, que por sinal é de ótima qualidade no período de entressafra, ou deixar a braquiária se desenvolver (sem pastejo), visando a produção de palhada para o sistema de semeadura direta.

Na maioria dos casos o milho safrinha leva vantagem quando comparado a outras culturas consorciadas com braquiárias. Alvarenga et al. (2006) afirmaram que uma destas vantagens é a competitividade no consórcio, visto que o porte alto das plantas de milho, depois de estabelecidas, exerce pressão sobre as demais espécies. A altura de inserção da espiga permite que a colheita seja realizada sem problemas, pois a regulagem mais alta da plataforma diminui os riscos de embuchamento. Somando-se a isto, segundo os referidos pesquisadores, com a disponibilidade de herbicidas gramínicos pós-emergentes, seletivos ao milho, é possível obter resultados excelentes com o consórcio de milho e braquiária. Ainda, a redução de espaçamento em

sistema consorciado tem a vantagem de desenvolver um pasto com melhor formação.

Em sistemas utilizando o milho consorciado com braquiária, Bitencourt e Theodoro (2018) consideraram não haver prejuízos na produtividade. Ao longo de 13 safras em solo argiloso, resultados da Fundação MT demonstraram que nessa modalidade de cultivo e com manejo do crescimento da braquiária (“travamento” com herbicidas) visando atenuar a competição interespecífica, o milho safrinha atingiu produtividades superiores às obtidas sob cultivo solteiro em quatro safras (Figura 6). Nas demais, a braquiária reduziu a produtividade do milho. Apesar do resultado não ser benéfico do ponto de vista isolado, o produtor deve ter visão sistêmica ao adotar tal sistema, uma vez que as gramíneas auxiliam na preservação da saúde do solo por meio do acúmulo de matéria orgânica e, conseqüentemente, melhora os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, potencializando a produtividade da cultura seguinte.

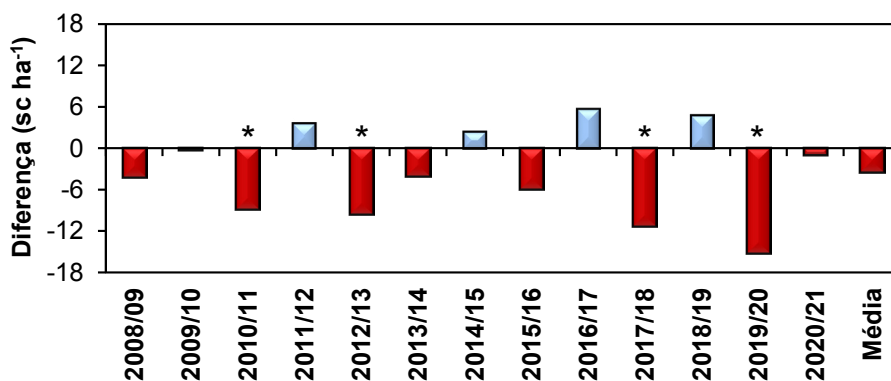


Figura 6. Diferença de produtividade de milho safrinha entre o cultivo solteiro e o consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*) ao longo de 13 safras no Mato Grosso. O asterisco (*) indica diferença significativa (teste de Tukey, $p \leq 0,1$) entre a produtividade de milho no cultivo solteiro e consorciado com braquiária. Barras em vermelho indicam produtividades menores no consórcio de milho com braquiária em relação ao cultivo solteiro. Barras em azul indicam o contrário. Fonte: Fundação MT (2021) - dados não publicados.

Neste mesmo estudo da Fundação MT, um aspecto importante foi a produção de palhada ao longo das 13 safras. O milho safrinha sob cultivo solteiro teve uma produção de 8,3 t ha⁻¹ ano⁻¹, ao passo que o milho consorciado produziu 11,9 t ha⁻¹ ano⁻¹ (7,9 t ha⁻¹ de palhada oriunda do milho e 4,0 t ha⁻¹ da braquiária). Esses resultados demonstram claramente que uma das maneiras eficazes para aumentar a oferta de palhada visando a proteção do solo ou a oferta de forragem para alimentação animal na ILP é a adoção do milho consorciado com braquiária.

3.4. O milho em sistemas de cultivos alternativos

Entre as culturas comerciais, o milho é a que mais tem sido consorciada com outras espécies, buscando o aumento de carbono no solo, cobertura do solo, diversificação de culturas, ciclagem de nutrientes, otimização de recursos, diminuição da compactação do solo, aumento da atividade biológica, entre outros benefícios. Além do milho com braquiária, outros sistemas de cultivos alternativos têm sido os consórcios de milho com as crotalárias (*Crotalaria ochroleuca*, *C. spectabilis* e *C. breviflora*), visando aumento do aporte de N biológico no solo e o manejo de nematoides.

Resultados obtidos pela Aprosoja Mato Grosso e Fundação MT mostraram que, em solo de textura média, o milho safrinha sob cultivo solteiro apresentou maior produtividade em comparação ao seu consórcio simultâneo com gramíneas, leguminosas e crucífera (Figura 7). A menor produtividade de milho foi constatada em seu consórcio com nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*), o que é justificada pelo efeito alelopático (inibitório) desta crucífera.

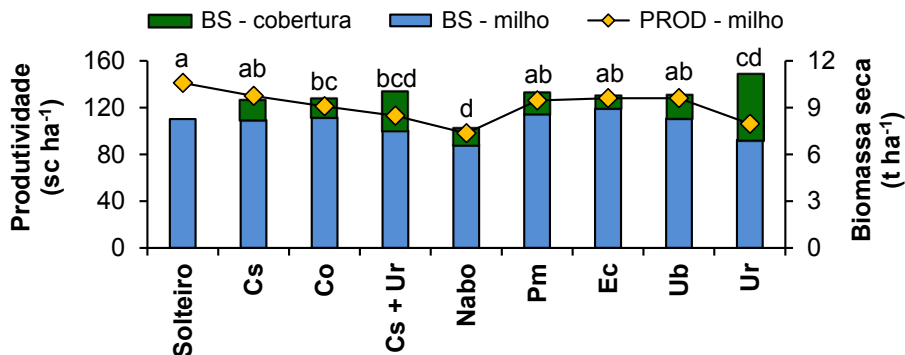


Figura 7. Produtividade de grãos (PROD) e biomassa seca total (BS) de parte aérea do milho safrinha e de culturas de cobertura consorciadas com o cereal na safrinha 2019. Letras distintas indicam diferença significativa entre os sistemas consorciados para produtividade de milho (teste de Tukey, $p \leq 0,1$). Cs = *Crotalaria spectabilis*; Co = *Crotalaria ochroleuca*; Pm = *Panicum maximum* cv. Massai; Ec = *Eleusine coracana* (capim-pé-de-galinha); Ub = *Urochloa brizantha*; Ur = *Urochloa ruziziensis*. Fonte: Aprosoja Mato Grosso e Fundação MT (2019) - dados não publicados.

Quando consorciado com *C. spectabilis*, *P. maximum* cv. Massai, *E. coracana* (capim-pé-de-galinha) e *U. brizantha*, as produtividades do milho foram estatisticamente semelhantes à do cultivo solteiro (Figura 7), mas com vantagem para os cultivos consorciados devido a maior produção de biomassa seca total para o sistema de produção. O milho consorciado com *U. ruziziensis*, apesar de ter desfavorecido a produtividade do cereal provavelmente pela não adoção da técnica de “travamento” da braquiária via herbicidas, foi o sistema que propiciou maior produção de biomassa seca total.

No presente trabalho, todas as culturas de cobertura (exceto nabo-forrageiro) em consórcio com o milho foram capazes de incrementar a oferta de biomassa seca quando comparadas com o milho solteiro (Figura 7), caracterizando tais sistemas como alternativas para o cultivo na safrinha. Novamente, o produtor deve ter visão sistêmica dos consórcios alternativos, pois a palhada das culturas de cobertura favorece a produtividade da cultura seguinte, mediante benefícios sobre a fertilidade e potencialização no uso da água e nutrientes do solo, sobretudo em ambientes frágeis (solos arenosos).

É importante ponderar que quando os consórcios de milho com culturas de cobertura não são manejados adequadamente (época e densidade de semeadura, modalidade de implantação, “travamento” com herbicidas, etc.), o desenvolvimento e a produtividade da cultura principal poderão ser afetados drasticamente e irreversivelmente, devido à competição por água, luz e nutrientes. Esses problemas são mais acentuados em solos arenosos.

Priorizar não perder produtividade do milho ou aumentar a quantidade de biomassa seca de parte aérea é uma decisão a ser realizada no planejamento dos consórcios, podendo-se considerar os preços de comercialização do cereal e as melhorias do ambiente de produção para as safras subsequentes.

4. BENEFÍCIOS AGRONÔMICOS DO MILHO SAFRINHA

Atendendo uma semeadura em época adequada, adubação equilibrada e sem a ocorrência de períodos prolongados de falta de água, o milho safrinha propicia diversos benefícios agronômicos aos sistemas de produção, os quais serão abordados a seguir.

4.1. No estabelecimento das culturas

Um dos principais benefícios do milho safrinha aos sistemas de produção é proporcionado pela proteção do solo através da palhada deixada na superfície após a sua colheita (Figura 8A) e seu efeito no estabelecimento das culturas que o sucedem, principalmente diante de intempéries climáticas. Afinal, o atraso no início do período chuvoso, a ocorrência de períodos prolongados de veranicos, associados às altas temperaturas durante o ciclo das culturas de verão, têm sido comuns nas últimas safras nas principais regiões produtoras de grãos.

O milho safrinha geralmente aporta entre 7,0 e 9,0 t ha⁻¹ de biomassa seca de parte aérea. Essa quantidade é suficiente para garantir o adequado estabelecimento e desenvolvimento das culturas em sua sucessão sob ocorrência de veranicos. Na figura 8B é apresentada uma situação de lavoura comercial em solo argiloso e de fertilidade construída durante uma safra com má distribuição de chuvas, onde é possível constatar que o melhor estabelecimento e desenvolvimento inicial de plantas de soja está diretamente relacionado ao maior acúmulo de palhada do milho. Isso ocorreu, pois, a palhada protegeu o solo da ação direta dos raios solares, mantendo sua temperatura amena (menor amplitude térmica) e umidade, o que favoreceu a germinação das sementes e o estabelecimento das plantas. Contudo, em anos com boa distribuição de chuvas durante o desenvolvimento da cultura, esse efeito passa facilmente despercebido.

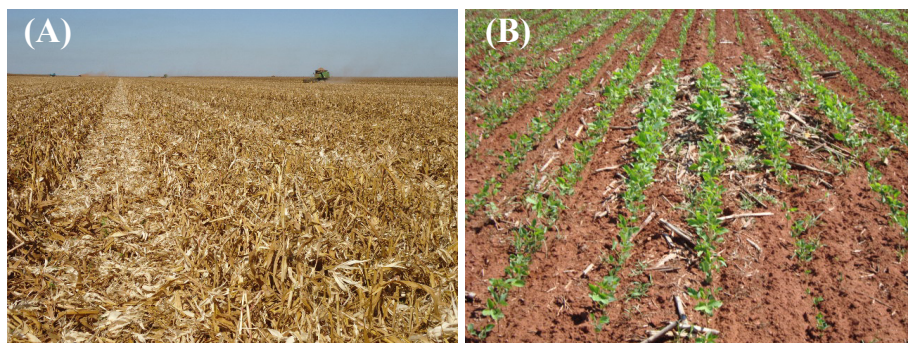


Figura 8. Solo coberto com palhada de milho safrinha (A) e sua contribuição no estabelecimento e desenvolvimento de plantas de soja em solo argiloso (B) em ano com má distribuição de chuvas. Foto: Kappes, C. e Fundação MT.

Na figura 9 é comprovado o benefício da palhada de milho em atenuar a temperatura do solo. São resultados médios da camada de 0 a 4 cm de um solo muito argiloso sob semeadura direta, cujas mensurações de temperatura foram realizadas em área sem e com palhada de milho safrinha. As leituras foram obtidas em diferentes horários durante

o dia, utilizando termômetro digital infravermelho. Percebe-se que a temperatura do solo no sistema com palhada de milho safrinha foi expressivamente menor em praticamente todos os horários.

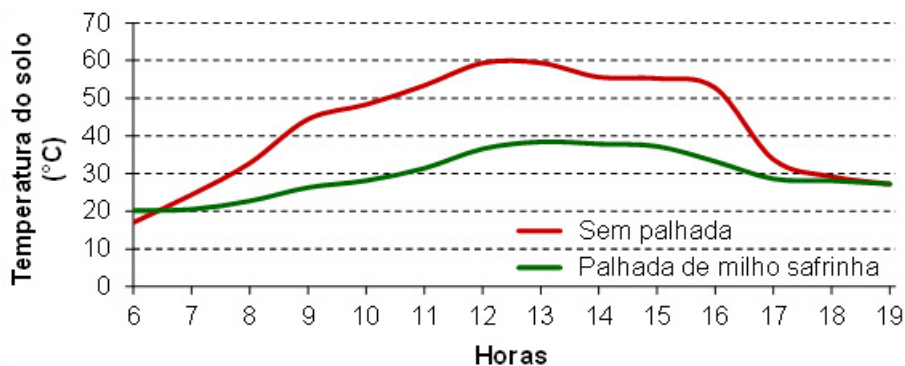


Figura 9. Temperatura média na camada de 0 a 4 cm de um solo muito argiloso sob semeadura direta em diferentes horários, com e sem palhada de milho safrinha. Fonte: Kappes (2019) - dados não publicados.

Outra informação importante é que a deposição das sementes da maioria das culturas anuais ocorre nesta camada de solo avaliada (0 a 4 cm), o que possibilita imaginar os impactos negativos que podem ocorrer devido à alta temperatura do solo sobre a germinação de sementes. A temperatura é considerada um dos fatores mais importantes para se obter alta taxa e uniformidade no processo de germinação de sementes, pois está relacionada diretamente com a absorção de água.

Temperaturas elevadas do solo podem afetar a absorção de nutrientes pelas plantas e o desenvolvimento das bactérias fixadoras de N atmosférico (N_2), comprometendo a nodulação do sistema radicular da cultura da soja (Figura 10A). Por outro lado, a presença de palhada de milho safrinha na superfície do solo pode atenuar esse problema e/ou favorecer a nodulação (Figura 10B).

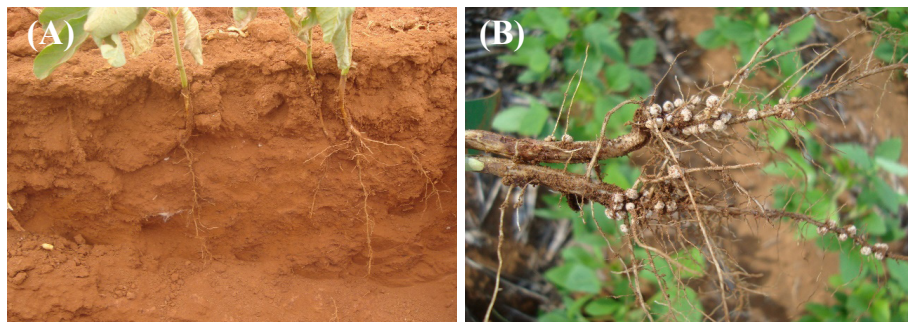


Figura 10. Área antiga de cultivo com plantas de soja sem nodulação devido à ausência de palhada, escassez hídrica e alta temperatura do solo (A) e plantas apresentando boa nodulação no sistema radicular devido à presença de palhada de milho safrinha (B). Foto: Kappes, C.

A palhada de milho também protege o solo da ação desagregadora do impacto das gotas de água das chuvas, reduzindo a erosão e aumentando sua infiltração no solo. Na figura 11A é possível observar presença de erosão laminar em consequência da ausência de palhada sobre a superfície do solo, ao passo que na figura 11B este problema não ocorre devido à presença de palhada de milho safrinha. Ambas as situações são de um solo muito argiloso e foram registradas no mesmo dia, após uma chuva de 55 mm.

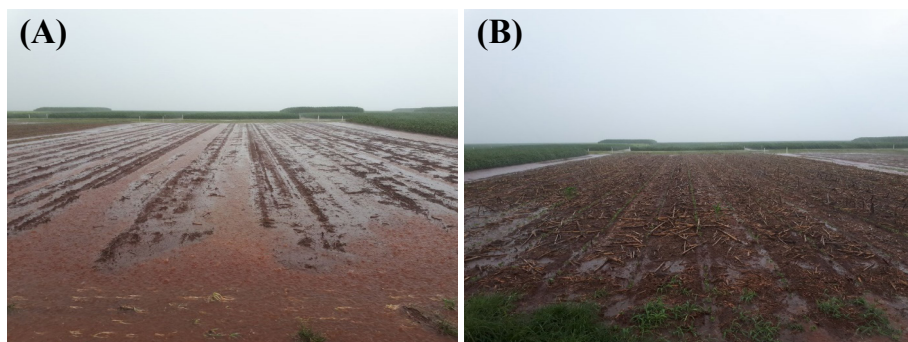


Figura 11. Erosão laminar em consequência da ausência de palhada (A) e ausência de erosão devido à presença de palhada de milho safrinha na superfície do solo (B). Foto: Kappes, C. e Fundação MT.

4.2. Na fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes

Os principais benefícios do milho safrinha na fertilidade do solo estão relacionados ao seu rápido crescimento e elevado potencial de produção de palhada (controle de erosão e disponibilização de nutrientes), sistema radicular profundo e volumoso, manutenção e/ou incremento dos níveis de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes residuais e preservação da saúde ou qualidade do solo. Nesse contexto, a matéria orgânica e a atividade enzimática estão entre os principais bioindicadores da qualidade do solo.

Após oito safras do experimento de rotação de culturas conduzido pela Fundação MT, foi possível constatar que a inserção do milho safrinha no sistema de produção propiciou 1,3 vez mais matéria orgânica e 3,9 e 2,1 vezes mais atividade das enzimas arilsulfatase e β -glicosidase, respectivamente, do que o monocultivo de soja (Tabela 2), ambos os sistemas em semeadura direta. Tais resultados mostram, portanto, que a inserção do milho safrinha manteve o solo com mais atividade biológica nesse período, refletindo em maiores produtividades de soja, como discutido anteriormente (Figura 2).

Tabela 2. Matéria orgânica e atividade das enzimas arilsulfatase e β -glicosidase em amostras de solo⁽¹⁾, na camada de 0 a 10 cm, em sistemas de produção sob monocultivo de soja e sucessão soja-milho safrinha em semeadura direta

Bioindicador	Monocultivo de soja	Sucessão soja-milho safrinha	Diferença
Matéria orgânica do solo ⁽²⁾	2,7	3,5	1,3 vezes
Arilsulfatase ⁽³⁾	16	62	3,9 vezes
β -glicosidase ⁽³⁾	30	64	2,1 vezes

⁽¹⁾ Amostragem realizada no mês de setembro (período de entressafra). ⁽²⁾ Valores são expressos em %. ⁽³⁾ Valores são expressos em μg de p-nitrofenol g^{-1} de solo h^{-1} . Fonte: Embrapa Cerrados e Fundação MT (2016) - dados não publicados.

Decorridos sete anos da instalação do experimento de rotação de culturas da Fundação MT, é perceptível as melhorias na estrutura do solo com a introdução do milho safrinha (Figura 12A) em comparação ao monocultivo de soja (Figura 12B). Comprova-se, desta maneira, com os resultados de bioindicadores de qualidade de solo, aspectos visuais e produtivos das culturas envolvidas, que o sistema soja-milho safrinha pode não ser o ideal quando se pensa na longevidade e sustentabilidade dos sistemas de produção, mas é muito melhor do que o monocultivo predominantemente praticado no início da agricultura no Cerrado.



Figura 12. Aspecto visual do solo, na camada de 0 a 10 cm, nos sistemas de produção com sucessão soja-milho safrinha (A) e monocultivo de soja (B) em semeadura direta, decorridos sete anos da instalação de tais sistemas. Foto: Kappes, C. e Ono, F. B.

As raízes do milho safrinha, por serem densas e fibrosas, agem como ferramentas descompactadoras e aeradoras, impactando na agregação e estruturação do solo. A tendência é que ocorram melhorias na qualidade química, física e biológica dos solos, através do aumento da taxa de infiltração da água (redução da erosão), capacidade de retenção de água e enraizamento das culturas subsequentes. Uma boa estrutura do solo é obtida pelo aumento da matéria orgânica, produção, permanência e decomposição da biomassa seca de parte aérea e do sistema radicular, além da redução do tráfego de máquinas e redução do impacto das gotas de água das chuvas no solo.

Outro importante benefício das raízes do milho safrinha está relacionado à ciclagem de nutrientes residuais, devido ao seu crescimento em profundidade. São capazes de acessarem camadas do solo nas quais as raízes de soja, por exemplo, dificilmente alcançam, absorvendo nutrientes e disponibilizando-os na superfície após a decomposição da palhada. Esse benefício se torna ainda mais marcante quando se trata de nutrientes facilmente lixiviados, como é o caso do N e K. Na figura 13 são apresentados valores de ciclagem e exportação de macronutrientes pelo milho safrinha. Para alcançar produtividade de 7,81 t ha⁻¹ de grãos, a cultura produziu 7,79 t ha⁻¹ de palhada e extraiu um total de 158 kg ha⁻¹ de K, dos quais 42 kg ha⁻¹ (27%) foram exportados nos grãos e 116 kg ha⁻¹ ficaram na palhada. Dessa forma, boa parte do K permanece no sistema de produção, ficando quase que prontamente disponível para a cultura posterior, caracterizando o milho como uma “bomba” cicladora de K.

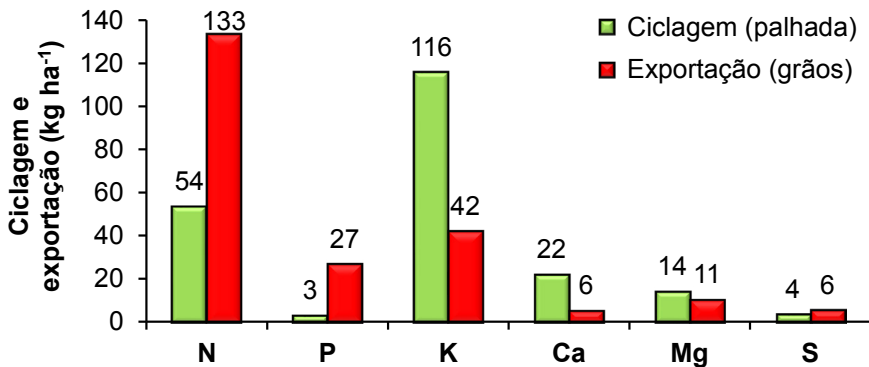


Figura 13. Ciclagem e exportação média (n = 96) de macronutrientes pelo milho safrinha para produtividades de 7,79 e 7,81 t ha⁻¹ de palhada e grãos, respectivamente. Fonte: IPNI Brasil e Fundação MT (2018) - dados não publicados.

Foram absorvidos um total de 187 kg ha⁻¹ de N, dos quais 133 kg ha⁻¹ (71%) foram exportados nos grãos e 54 kg ha⁻¹ ficaram na palhada do milho (Figura 13). Quanto ao P, o total extraído foi consideravelmente menor comparado ao N e K. Contudo, 89% do P extraído foi exportado nos grãos, ficando muito pouco na palhada (3 kg ha⁻¹). Quanto ao Ca e Mg, embora as quantidades extraídas

foram pequenas, 22 e 14 kg ha⁻¹ ficaram na palhada, ou seja, 80% e 58% foram devolvidos ao solo, respectivamente. No caso de milho destinado à produção de silagem, esse benefício na fertilidade química, através da ciclagem de nutrientes, não ocorre, pois todo material é removido da área.

4.3. Na sanidade das culturas sucessoras

Os sistemas de produção sob monocultivo favorecem, significativamente, a distribuição geográfica dos nematoides das galhas (*Meloidogyne javanica* e *M. incognita*), nematoides de cisto da soja (*Heterodera glycines*) e nematoides das lesões (*Pratylenchus brachyurus*). O milho safrinha implantado após a soja tem sido a principal alternativa econômica visando a diminuição das populações de *H. glycines* no solo, por se tratar de uma cultura não hospedeira. Em contrapartida, há quem aponta que o milho safrinha é o principal responsável pelo aumento de *P. brachyurus* na soja.

O monocultivo potencializa a incidência de plantas daninhas e doenças. O milho safrinha pode trazer alguns benefícios pelo fato de sua palhada propiciar proteção física do solo, impedindo e/ou retardando a emergência de muitas plantas daninhas, especialmente as classificadas como fotoblásticas positivas (necessitam da luz solar para germinarem), como é o caso da buva (*Conyza* spp.). No tocante às doenças, os benefícios do milho são atrelados à sua não multiplicação da maioria dos patógenos causadores de doenças em soja. Além disso, a palhada de milho sobre o solo atua como barreira aos propágulos de agentes causais de doenças, reduzindo a chance de inoculação das plantas por patógenos sobreviventes nos resíduos.

Na figura 14A é possível notar desfolha precoce do terço inferior do dossel da cultura da soja sob monocultivo devido à alta severidade de mancha-parda (*Septoria glycines*), favorecida pela condição de ausência de cobertura do solo. Por outro lado, quando o milho safrinha foi inserido no sistema, sua palhada passou a proteger o solo e a severidade de *S. glycines* na soja foi baixa (Figura 14B). Ambos os

sistemas foram em semeadura direta. É importante reportar que tem sido muito comum as leguminosas, o algodão e outras culturas anuais se beneficiarem pelas melhorias da sanidade que outras gramíneas proporcionam nos sistemas de produção, como as braquiárias.

De acordo com Jandrey et al. (2018), a palhada de milho diminui os patógenos causadores da podridão cinzenta (*Macrophomina phaseolina*), podridão radicular de fitoftora (*Phytophthora sojae*), mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e antracnose (*Colletotrichum truncatum*) na cultura da soja.



Figura 14. Desfolha precoce do terço inferior da cultura da soja sob monocultivo devido à alta severidade de mancha-parda (*S. glycines*) (A) e baixa severidade na sucessão soja-milho safrinha (B) em semeadura direta. Foto: Kappes, C.

5. CULTURAS DE COBERTURA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO SAFRINHA

Na maioria das situações, as áreas com solos argilosos são as primeiras a receberem a semeadura da soja. Trata-se de uma preferência técnica devido a maior capacidade de retenção e armazenamento de água que esses solos propiciam. Conseqüentemente, nessas áreas ocorrem as primeiras colheitas, tornando-as mais propícias ao cultivo de milho safrinha (melhor época de semeadura). Áreas com solos arenosos (<15% de argila) são as que recebem o fechamento de semeadura da soja, isto é, semeadas tardiamente. Portanto, não condicionam época adequada para a semeadura do milho safrinha.

Tecnicamente, na segunda safra, os solos arenosos não são recomendados para o cultivo de culturas anuais cuja finalidade é a produção de grãos, pois apresentam baixa disponibilidade de nutrientes, baixa capacidade de armazenamento de água e retenção de nutrientes (baixa CTC) e alta susceptibilidade à erosão, que reduzem o potencial produtivo das culturas. Nesses ambientes peculiares, altamente dependentes da formação e manutenção de palhada na superfície, recomenda-se o uso de culturas de cobertura com diferentes finalidades: manejo de nematoides, cobertura do solo, ciclagem de nutrientes, incremento de matéria orgânica e N ao solo, ILP e outros cultivos alternativos.

Em solo arenoso mato-grossense, a soja semeada após estilossante (cultivado por 18 meses) apresentou melhor desenvolvimento (Figura 15A) e maior produtividade em relação ao cultivo após *U. brizantha* cv. Piatã (Figura 15B) e milho safrinha (Figura 15C). Nesse caso, vale salientar os efeitos do estilossante na diminuição das populações de nematoides, aumento de biomassa sobre a superfície do solo e o aporte considerável de N biológico no sistema, os quais são benefícios muito importante para o cultivo da soja em solos arenosos.



Figura 15. Desenvolvimento da cultura da soja na safra 2020/21 após estilossante (A), *U. brizantha* cv. Piatã (B) e milho safrinha (C). Foto: Ono, F. B.

A escolha das culturas de cobertura adaptadas às condições climáticas da região é de extrema importância. No Cerrado, bioma que apresenta estação seca (cinco a seis meses de período seco no inverno) e chuvosa bem definidas, a semeadura tardia pode prejudicar significativamente o desenvolvimento das plantas, diminuindo a

produção de biomassa. Além da semeadura em época adequada, outra estratégia que permite amenizar o problema de baixa produção de biomassa na safrinha é o uso de culturas de cobertura que apresentem rápido crescimento, capazes de aproveitar as últimas chuvas da estação e produzir significativa quantidade de biomassa, ou seja, que sejam eficientes no uso da água. Outras culturas, com baixa exigência hídrica, também podem substituir o milho safrinha, como é o caso do sorgo, girassol, feijão e gergelim.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O milho safrinha se faz muito importante nos mais variados sistemas de produção, pois favorece as culturas subsequentes com o seu sistema radicular profundo e volumoso, produção satisfatória de palhada, viabilizando o sistema de semeadura direta e favorecendo o estabelecimento das culturas, manutenção dos níveis de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes residuais e redução das populações de nematoides, a depender das espécies incidentes na área.

Resultados de pesquisa e em lavouras comerciais têm sido satisfatórios quando o milho safrinha passa a compor esquemas de rotação de culturas, ILP e sistemas de cultivos alternativos. Sorgo, girassol, feijão, gergelim e culturas de cobertura e/ou de inverno podem substituir de maneira eficaz o milho safrinha em áreas que não condicionam época adequada para a semeadura do milho, cujas finalidades podem ser variadas.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. Cultura do milho na integração lavoura-pecuária. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 106-126, 2006.

BITENCOURT, L. P.; THEODORO, G. F. A cultura do milho em sistemas integrados de produção agropecuária. In: MOSTRA CIENTÍFICA FAMEZ, 11., 2018. Campo Grande. **Anais [...]** Campo Grande: UFMS, 2018. p. 1-8.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: série histórica das safras. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/>. Acesso em: 20 set. 2021.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52 p. (Documentos, 327).

JANDREY, D.; TISOT, B.; MADALUZ, J. C. **Cinco motivos para incluir milho na rotação de culturas visando a sustentabilidade da soja**. 2018. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/blog/42/5-motivos-para-incluir-milho-na-rotacao-de-culturas-visando-a-sustentabilidade-da-soja/>. Acesso em: 3 ago. 2021.

KIST, B. B.; FILTER, C. F.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C. **Anuário brasileiro do milho 2018**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2018. 88 p.

IV. ECOFISIOLOGIA: IMPACTOS DO AMBIENTE NA PLANTA DO MILHO

Paulo César **Magalhães** ⁽¹⁾
Carlos César **Gomes Júnior** ⁽²⁾
Thiago Corrêa de **Souza** ⁽³⁾

RESUMO

A Ecofisiologia Vegetal relaciona a planta com o seu ambiente. O milho safrinha pode ser afetado por estresses bióticos e abióticos. Entre os abióticos, os principais são déficit hídrico, temperatura e radiação solar. As alterações no manejo do milho safrinha, em relação à safra normal, devem enfatizar a época correta de semeadura recomendada pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc), a cultivar recomendada para a área de cultivo, os tratos culturais e a adoção de tecnologias emergentes. Existem parâmetros fisiológicos importantes no milho safrinha, que são baseados em mecanismos de tolerância, tais como Evitância (escape, conservação de água, e eficiência na absorção de água) e Tolerância (nível bioquímico). O cultivo de milho na safrinha, em solos argilosos apresenta maiores chances de armazenamento de água permitindo melhor tolerância à seca. Na safrinha, o colmo do milho está mais sujeito ao ataque de patógenos, em função da grande mobilização de carboidratos para a espiga, durante o enchimento de grãos. Isso ocorre porque em condições desfavoráveis de clima, o colmo mostra maior participação do que em condições favoráveis.

⁽¹⁾ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, Sete Lagoas, MG - CEP 35701-970. paulo.magalhaes@embrapa.br

⁽²⁾ Doutorando da UFV, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Vegetal. Viçosa, MG. CEP: 36570-900. carlos.c.junior@ufv.br

⁽³⁾ Professor da UNIFAL, Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza - ICN. Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Centro, Alfenas - MG, CEP 37130-001. thiago.souza@unifal-mg.edu.br

Com relação ao ciclo, se a lavoura não estiver em área de risco, o melhor é fazer opção por materiais de ciclos precoce e normal que apresentam maior potencial produtivo em relação aos superprecoce. O correto posicionamento de cultivares face às condições edafoclimáticas regionais para permitir o máximo potencial produtivo da cultura do milho, é critério fundamental, adequando-se às práticas agropecuárias de forma correta e no tempo adequado, otimizando o uso dos recursos naturais disponíveis.

Palavras-chave: *Zea mays* L., safrinha, estresses abióticos.

1. INTRODUÇÃO

Esse capítulo explora principalmente seis tópicos: I - Comparação safra verão versus safrinha abordando diferenças no ambiente e o que é preciso alterar no manejo do milho safrinha com base na Ecofisiologia; II - Cultivares tolerantes à seca: quais os principais mecanismos fisiológicos? III - Importância do armazenamento de água no solo sob déficit hídrico; IV - A translocação de fotoassimilados e nutrientes é maior na safrinha - Impactos na qualidade do colmo; V - Qual milho usar na safrinha, os de ciclo superprecoce, ou precoce? VI - Importância da regionalização da cultivar frente às peculiaridades do ambiente.

2. COMPARAÇÃO SAFRA VERÃO VERSUS SAFRINHA ABORDANDO AS DIFERENÇAS NO AMBIENTE

A Ecofisiologia Vegetal é uma das áreas mais importantes nos estudos com milho safrinha, pois relaciona a planta com o seu ambiente.

Os efeitos dos estresses abióticos que ocorrem no período de safrinha são diferentes daqueles ocorridos durante a safra de verão, sobretudo a seca e a temperatura (alta e baixa), os quais aumentam

de intensidade gradualmente, ao contrário do que ocorre na primeira safra. A diminuição da radiação solar é outro fator a ser considerado no milho safrinha. Essas condições ambientais afetam negativamente a lavoura, tanto na fase vegetativa como, sobretudo no florescimento e no enchimento de grãos. Nessa época ocorre o prolongamento do ciclo das plantas (no caso das baixas temperaturas), em relação à safra normal e, muitas vezes, a redução de porte. Por outro lado, o efeito das altas temperaturas pode acelerar o ciclo da cultura.

Os estresses bióticos também podem ocorrer, e esses são relacionados com pragas, doenças e plantas daninhas. Outros estresses podem igualmente vir a ser problema no cultivo da safrinha, como a presença de eventos climáticos como os ventos e os distúrbios genéticos da planta, entre outros. No entanto, a ênfase a ser dada aqui é nos estresses abióticos: seca, temperatura e radiação solar.

Na safrinha ocorre uma menor intensidade de radiação solar, menor precipitação pluviométrica e dependendo da região de cultivo, temperaturas mais baixas ou mais altas em relação à safra de verão. O agricultor não tem como interferir na presença e/ou intensidade dos estresses, porém ele pode mudar o manejo cultural, por exemplo, fazendo a semeadura dentro da janela recomendada pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc), e escolhendo uma boa cultivar recomendada para a área de semeadura. Essas medidas, com certeza, irão amenizar o efeito dos estresses sobre a produção de grãos de milho.

2.1. Baixa disponibilidade hídrica

O milho é cultivado em regiões com ampla diversidade de precipitação pluviométrica. A ocorrência de dois dias de estresse hídrico no florescimento podem diminuir a produtividade em mais de 20%. Durante a floração, quatro a oito dias de seca diminuem a produção em mais de 50% (MAGALHÃES e DURÃES, 2008). A falta de água é acompanhada por interferência nos processos de síntese de proteína e RNA, caracterizada por aumento aparente na quantidade de aminoácidos

livres. O efeito do estresse hídrico sobre o crescimento da planta se dará diretamente no alongamento celular, uma vez que a divisão celular não é tão afetada. Isso equivale a dizer que a planta, mesmo sob condições de falta de água, continua sua divisão celular, porém o alongamento é reduzido ou até paralisado (diminuição da pressão de turgor na célula, necessário para o alongamento celular), dependendo da duração e da intensidade do estresse. Como consequências do déficit hídrico, as plantas fecham os estômatos, eliminam o mecanismo de resfriamento e aumentam a temperatura da folha, afetando a respiração. Com isso, vai haver maior consumo de reservas, o que vai reduzir não só o crescimento como também a produção de matéria seca, de uma maneira geral. A redução na fotossíntese se dá pelo fechamento estomático e diminuição da área foliar. Plantas em condições de estresse hídrico passam mais tempo respirando do que fotossintetizando. Água é de fundamental importância, e após a luz é o fator mais inibidor da produção: se não tem água, não tem fotossíntese (MAGALHÃES e DURÃES, 2008).

O estresse hídrico ocorre quando as condições ambientais resultam na diminuição da quantidade de água no solo disponível para as plantas, devido a uma perda constante de água por transpiração e/ou evaporação. A água, além de ser elemento crucial para a sobrevivência das plantas, é essencialmente necessária para o transporte de nutrientes. Consequentemente, a deficiência de água leva a deficiência mineral, o que resulta na redução do desenvolvimento e da produção das plantas (DARYANTO et al., 2020).

Assim, por causa da maior perda de água por meio da transpiração ou evaporação, as temperaturas elevadas podem desencadear o estresse da seca. Não apenas as temperaturas mais altas, que podem ocorrer dependendo da região, mas as temperaturas reduzidas também podem desencadear estresse por déficit hídrico.

O fechamento dos estômatos também está ligado à fotossíntese. É através dos estômatos que entra o CO_2 necessário para a fotossíntese dentro da folha e, por isso, longos períodos de estômato fechado irão afetar a fotossíntese e, consequentemente, a produtividade. Portanto, o

ideal é que a condição de água seja suficiente no solo para que a planta não precise fechar os estômatos. Nestas condições, a fotossíntese é máxima, a absorção de nutrientes é máxima, assim como a produtividade.

O fechamento estomático das plantas sob déficit hídrico, pode ser hidropassivo e hidroativo (TAIZ e ZEIGER, 2004). O primeiro ocorre em razão da saída de água excessiva (processo transpiratório intenso) e baixa reposição das células vizinhas. O segundo envolve a presença do ácido abscísico (ABA) nas folhas. O ácido abscísico é uma das moléculas de maior atuação no estresse por deficiência hídrica, influenciando na condutividade hidráulica e nas aquaporinas (proteínas transportadoras de água), no processo de floração e também no enchimento de grãos. Sob baixa disponibilidade hídrica, há um grande acúmulo de ABA, regulando a abertura e o fechamento dos estômatos. Seu acúmulo em folhas estressadas exerce um grande papel na redução da perda de água pela transpiração. O fechamento estomático também pode ser causado pelo aumento do transporte de ABA para parte aérea (através do xilema), o qual foi produzido nas raízes, em contato com o solo seco. Esta rápida resposta constituída pelo fechamento dos estômatos, limita tanto a condutância de água (na forma de vapor) quanto a condutância do CO₂ nas folhas e conseqüentemente limita a fotossíntese, podendo assim limitar a produção (LOPES et al., 2011).

Para se ter uma ideia de como o estresse hídrico pode comprometer o desenvolvimento e o crescimento da planta, listam-se a seguir os principais efeitos que ocorrem quando o vegetal está sob efeito da seca. Podem ocorrer mudanças morfológicas, destacando-se a redução na altura das plantas, menor número de folhas, redução da área foliar, enrolamento foliar, perda da coloração verde das folhas (devido a remobilização de nitrogênio) e maior taxa da raiz/parte aérea. Em seguida, seguem-se as mudanças fisiológicas, tais como fechamento estomático, menor transpiração, condutância estomática, menor taxa fotossintética, presença de estresse oxidativo e menor crescimento em geral. E finalmente as mudanças bioquímicas, com destaque para diminuição da eficiência da enzima Rubisco, presença de danos

oxidativos, produção de ERO (Espécie Reativa de Oxigênio), menor teor de clorofila, acumulação de ABA e menor produção de carboidratos (SELEIMAN et al., 2021).

2.2. Temperatura

Os aumentos ou diminuições de temperatura afetam de forma indesejável o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da planta de milho. O estresse pelo frio causa danos às plantas por alterações na estrutura da membrana e diminuição do fluxo protoplasmático, vazamento de eletrólitos e plasmólise, que leva a danos celulares (WIJEWARDANA et al., 2016).

Com a redução da temperatura abaixo de 12 °C acontece diminuição da germinação, e da emergência ao pendoamento o desenvolvimento será reduzido, uma vez que o metabolismo diminui com a baixa da temperatura. Após a maturação fisiológica, o metabolismo vai continuar lento, com baixa perda de umidade nos grãos e comprometimento na qualidade deles.

Apesar dos efeitos de estresse por frio serem evidenciados em todas as fases de crescimento do milho, normalmente no cultivo em safrinha este estresse vem ocorrendo principalmente nas fases reprodutivas. A temperatura ótima de crescimento do milho é de uma típica planta C₄ (25 °C a 28 °C durante o dia e 18 °C a 19 °C à noite). Com relação ao crescimento e desenvolvimento do milho sob frio, este parece ser mais influenciado pela temperatura do solo do que pela temperatura do ar. O aparecimento de folhas, desenvolvimento de raízes e de estruturas reprodutivas parecem ser muito mais dependentes das baixas temperaturas do solo do que do ar. Até o estádio V6, pelo meristema apical estar abaixo do solo, as plantas de milho são ainda mais suscetíveis a baixas temperaturas no solo (MAGALHÃES e DURÃES, 2008).

Frio na zona radicular e/ou na parte aérea leva a uma desidratação dos tecidos (perda de turgor das células), por causa da diminuição da

condutância hidráulica e do menor controle estomático; contudo, a condutância hidráulica parece ser o principal fator em milho. Além disso, menores temperaturas levam a um aumento da viscosidade da água (e também do citossol), dificultando a absorção pelas raízes e movimento de solutos entre células (AROCA et al., 2003).

Quando ocorrem as geadas, os mesmos efeitos de estresse ocorrem, porém de forma mais acentuada. Vale ressaltar ainda que o gelo na superfície foliar pode rapidamente se expandir para os espaços intercelulares, ocasionando uma desidratação e até uma ruptura da membrana plasmática.

O efeito das geadas é proporcional à época de ocorrência, ou seja, o estágio de desenvolvimento em que se encontra a cultura. No estágio mais jovem até cinco folhas ou em estágios mais avançados, como em R5, já próximo à maturidade fisiológica, o efeito das geadas é bem pequeno e quase imperceptível. No entanto, caso a ocorrência seja em pleno estágio vegetativo, próximo ao florescimento ou ainda no início do período de enchimento de grãos, o efeito na produtividade poderá ser substancial. Isso porque, no estágio vegetativo, as folhas serão afetadas num período em que o metabolismo é intenso, portanto, a perda de área foliar poderá ser fundamental nas taxas de fotossíntese. No período de enchimento de grãos, igualmente, os danos podem ser grandes, pois há um aumento considerável de matéria seca relacionada à fotossíntese, e esse estresse vai resultar na menor produção de carboidratos e, por conseguinte, uma menor translocação para os grãos.

Por outro lado, a elevação da temperatura nas fases da emergência à polinização acelera o pendoamento, enquanto na polinização o efeito da temperatura (acima de 30 °C) vai reduzir a viabilidade do pólen. Da polinização à maturidade fisiológica, a elevação de temperatura vai provocar o encurtamento da fase de enchimento de grãos, com consequente menor taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos e menor teor de proteína e redução na atividade do nitrato redutase, quando a temperatura atinge patamares acima de 35 °C (MAGALHÃES e DURÃES, 2008).

Se as culturas forem submetidas a temperaturas muito elevadas, ocorre estresse por calor. Além disso, altas temperaturas podem causar estresse hídrico pelo aumento da perda de água por transpiração ou evaporação. Caso o solo tenha umidade suficiente, o milho pode desenvolver bem em altas temperaturas.

O estresse de alta temperatura pode influenciar a germinação das sementes, o crescimento e o desenvolvimento da planta, e pode desencadear o estresse de seca irreversível que pode levar à morte de plantas e à redução do estande final. Esses efeitos estão estritamente ligados à indução do ácido abscísico pelo calor (SALEHI-LISAR e BAKHSHAYESHAN-AGDAM, 2020). Temperaturas noturnas elevadas reduzem a produção, pois à noite a planta continua respirando, mas paralisa a fotossíntese, ocorrendo o consumo de produtos metabólicos produzidos durante o dia.

Um dos principais efeitos nas plantas do estresse por altas temperaturas é a geração excessiva de Espécies Reativas de Oxigênio (ERO) que conduz a um estresse oxidativo. O estresse por altas temperaturas leva à maior produção de ERO principalmente nos cloroplastos (fotossistemas), embora também seja produzido nas mitocôndrias e nos peroxissomos (HASANUZZAMAN et al., 2013).

A fotossíntese é um dos processos fisiológicos mais sensíveis ao calor nas plantas. É notório que a alta temperatura tem uma maior influência sobre a capacidade fotossintética em plantas do tipo fotossintético C_3 do que em milho (planta do tipo C_4). No cloroplasto, o metabolismo do carbono no estroma e as reações fotoquímicas nas lamelas dos tilacóides são considerados os principais locais de lesão. A membrana de tilacóide é muito suscetível ao calor, levando a uma diminuição na eficiência fotossintética e a um aumento da fluorescência da clorofila. Um choque de ondas de calor reduz a quantidade de pigmentos fotossintéticos, principalmente por causa da peroxidação lipídica das membranas dos cloroplastos (HASANUZZAMAN et al., 2013). Também um dos motivos da diminuição da taxa fotossintética é que valores acima da temperatura ótima (28 °C) ocasionam um aumento

da respiração celular e assim uma diminuição da fotossíntese líquida (BERGAMASCHI e MATZENAUER, 2014).

Embora todos os estádios de desenvolvimento do milho sejam suscetíveis ao estresse por altas temperaturas, é no florescimento que a planta de milho mais sofre, levando a perdas irreversíveis na produtividade (ALAM et al., 2017). Altas temperaturas podem levar ao abortamento floral, e até à não produção de grãos, dependendo da cultivar. Isso ocorre porque o calor, assim como outros estresses abióticos, prejudica a meiose nos órgãos masculino e feminino, a germinação do pólen e o crescimento do tubo polínico, a redução da viabilidade dos óvulos e a anomalia no estilo-estigma (ALAM et al., 2017; HASANUZZAMAN et al., 2013).

A tolerância ao estresse por calor em plantas cultivadas tem sido associada a um aumento da capacidade antioxidante enzimática e não-enzimática para inibir o estresse oxidativo gerado. Também tem sido evidenciada a produção de proteínas termotolerantes: HSP (proteínas de choque térmico) (QU et al., 2013).

2.3. Radiação solar

A radiação solar é essencial para o desenvolvimento do milho, pois na ausência de luz o processo fotossintético é inibido e consequentemente ocorre redução na produção, isto porque a fixação de CO₂ fornece cerca de 90% da matéria seca. Uma redução de 30% a 40% da radiação por um longo período pode acarretar redução da produção e atraso na maturação. O máximo aproveitamento da radiação ocorre no pré-florescimento e no enchimento de grãos, sendo esta fase o período mais crítico (BEVILACQUA 2012).

Há evidências de que baixas temperaturas na safrinha, reduzem a eficiência do uso da radiação solar em milho.

3. O QUE É PRECISO ALTERAR NO MANEJO DO MILHO SAFRINHA COM BASE NA ECOFISIOLOGIA?

Foram elencados quatro itens: i) plantar dentro da janela de semeadura do Zarc, ii) escolher a cultivar adequada para a região, iii) trabalhar com um bom sistema de produção e iv) adotar tecnologias emergentes.

i) Na agricultura, a redução de custo e do insucesso são fatores indispensáveis para a competitividade, porém, é difícil prever exatamente o clima, por causa da sua variação ao longo do tempo e do espaço. O clima pode ser considerado o fator de maior risco para a atividade agrícola, sendo a água um dos elementos indispensáveis que contribuem definitivamente para o sucesso da cultura. Para se obter o máximo do potencial da planta, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento desenvolveu o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) para que a probabilidade de ocorrência de danos à cultura seja reduzida.

ii) O híbrido utilizado na safrinha deve ser aquele que apresente rusticidade e consistência na produção, mesmo existindo diversidade das condições climáticas. Outros aspectos são aqueles relacionados à resistência às principais pragas e doenças do milho. Também deve ter uma boa formação de palha, protegendo a espiga, e tolerância ao acamamento e quebramento. É de extrema importância que o produtor esteja ciente da precocidade do material, porque híbridos superprecoces ou hiperprecoces tendem a ser menos produtivos em razão do curto período no campo.

iii) O sistema de produção a ser utilizado deve levar em consideração a escolha do material genético (cultivar), a época de semeadura, a densidade populacional, a adubação, o controle de plantas daninhas e o manejo de pragas e doenças.

iv) Com relação à adoção de tecnologias emergentes, o cultivo intercalar mecanizado de milho nas entrelinhas da soja (sistema Antecipe) merece destaque. Essa é uma tecnologia lançada recentemente

pela Embrapa Milho e Sorgo, a qual trata do cultivo intercalar de milho nas entrelinhas de soja a partir do estágio de desenvolvimento R₅ da oleaginosa (KARAM et al., 2020). Este sistema é inovador e disruptivo para a agricultura brasileira, planejado a partir de um conhecimento adquirido por mais de 13 anos de pesquisas em diversas regiões de cultivo de milho safrinha do Brasil. O objetivo principal do Antecipe é maximizar o sistema produtivo, pois através dele faz-se a semeadura do milho em até 20 dias antes da colheita da soja, a depender da região. Isso diminui os riscos para o produtor, pois ele consegue antecipar a semeadura do milho para uma janela de cultivo mais favorável. Na colheita da soja, o milho é atingido, porém se recupera totalmente, sem prejuízos à sua produtividade. É recomendado para a safrinha tardia, e a tecnologia não prevê substituir a safrinha normal dentro da janela ideal. Mais detalhes desta tecnologia podem ser obtidos em Karam et al. (2020).

Como mencionado, com a adoção do Antecipe, vai haver a desfolha precoce das plantas de milho no estágio V4-V5 pela passagem da colhedora no momento da colheita da soja. Com isso, ocorre a perda total de três a quatro folhas completamente expandidas e a perda parcial de três a quatro folhas que ainda estão em desenvolvimento e se encontram no cartucho da planta (MAGALHÃES e DURÃES, 2008). Logo após a desfolha, o milho vai se recuperando daquele estresse, emitindo novas folhas a partir do cartucho danificado e retomando o seu crescimento normal. Isto acontece porque o ponto de crescimento (tecido meristemático) ainda se encontra abaixo da superfície do solo (permanece nesta condição até o estágio V6) (MAGALHÃES e DURÃES, 2008).

Acredita-se, com base em resultados experimentais oriundos de muitos trabalhos relatados na literatura, que a produtividade do milho não vá ser influenciada por esta perda inicial de folhas (CROOKSTON e HICKS, 1988; SILVA e DALCHIAVON, 2020). A explicação se prende ao fato de que estas folhas são pequenas em tamanho e o seu grau de contribuição para a produção de grãos é muito pequeno

(MAGALHÃES e DURÃES, 2008). Deve-se levar em consideração também que o milho tropical é uma planta “dreno limitante” e não “fonte limitante”, como acontece com os milhos temperados. Sendo assim, esta pequena perda da fonte de fotoassimilados em V4-V5 vai ser insignificante nas fases mais decisivas para a produção de grãos, como o período de enchimento de grãos. Nesta fase, a área foliar localizada no terço médio superior da planta é que vai ser essencial para a produção e translocação de fotoassimilados, pois elas estarão mais expostas à luz solar, com baixo sombreamento e altas taxas fotossintéticas (MAGALHÃES e DURÃES, 2008). Portanto, os estresses são mais importantes quando afetam as culturas nos períodos de definição da produtividade. Na cultura do milho, a ocorrência de estresses nos estádios reprodutivos pode ser muito prejudicial à produtividade, pois reduzirá a polinização e a fertilização de óvulos, diminuindo, conseqüentemente, o tamanho de espigas, o número e o tamanho de grãos (MAGALHÃES e DURÃES, 2008).

4. CULTIVARES TOLERANTES À SECA: QUAIS OS PRINCIPAIS MECANISMOS FISIOLÓGICOS?

Existem alguns parâmetros fisiológicos importantes que, presentes no milho safrinha, podem fazer a diferença na produção final frente ao estresse hídrico. Estes são baseados em mecanismos de tolerância. Dentre eles, podem ser relacionados os mecanismos de Evitância e Tolerância propriamente dito.

Nos mecanismos de Evitância, destacam-se três tipos: escape, conservação de água e eficiência na absorção de água. No entanto, esses mecanismos não são mutuamente exclusivos (pode ocorrer mais de um mecanismo ao mesmo tempo) e, na prática, as plantas combinam uma variedade de tipos de respostas.

Os mecanismos de escape estão mais envolvidos com a fenologia e resultam na não ocorrência do órgão/planta suscetível ao estresse com o período de ocorrência do estresse. Para o milho

safrinha, alguns autores demonstram que se deve optar por híbridos superprecoces a fim de evitar o estresse hídrico na fase reprodutiva (florescimento e/ou enchimento). Isto implica estudos específicos para cada região, bem como a combinação de ciclos de vida curtos, com elevadas taxas de crescimento e de trocas gasosas, maximizando o aproveitamento dos recursos hídricos, florescendo e produzindo sementes antes que as reservas de água se esgotem.

Algumas cultivares de milho vêm mostrando para o mecanismo de conservação de água, modificações morfoanatômicas foliares e radiculares importantes para a tolerância à falta de água. Na folha, pode-se destacar a importância das células epidérmicas, chamadas de buliformes. Essas células possuem um papel motor na folha, ou seja, no movimento de enrolamento foliar. Esse movimento do milho de enrolar as folhas favorece um microclima e diminui a superfície de transpiração, levando a uma perda menor de água. Uma maior quantidade de células buliformes e o maior tamanho dessas células promovem uma maior abertura da lâmina foliar, expondo uma maior área da folha. Portanto, genótipos de milho com potenciais para a utilização no melhoramento para a seca apresentam folhas mais enroladas em razão de células buliformes menores e em menor quantidade.

Na raiz pode-se destacar um aumento da espessura da camada de células suberizadas presentes na região da hipoderme (exoderme), assim como o aumento de outra camada de células suberizadas chamada endoderme. Essas camadas possuem várias funções nas raízes de plantas, mas, no geral, são camadas de células especializadas em selecionar ou impedir algo, por exemplo, substância tóxica, microrganismos e outros, de entrar no córtex (exoderme) ou de entrar no cilindro vascular (endoderme). No caso do estresse hídrico, essas duas camadas impedem a saída de água dos feixes de xilema para o solo, evitando a desidratação da planta. Cultivares de milho tolerantes também possuem xilema com diâmetro menor, assim, diminui a chance de ocorrer embolismo e cavitação nos vasos em razão da falta de água. Recentemente também foi observado que quanto maior a tolerância à

seca no milho maior a quantidade de aerênquimas. Com a presença de aerênquimas decresce o custo metabólico, por causa da diminuição da presença de células em respiração, já que essas câmaras nada mais são do que espaços de células mortas (ZHU et al., 2010).

Com relação à eficiência de absorção de água, a maior eficiência pode ser medida pela caracterização radicular, pois genótipos com este mecanismo possuem raízes mais profundas (principalmente raízes finas). A caracterização radicular pode ser feita por métodos de imagens digitais com associação a atributos de massa seca em condições de casa de vegetação ou de campo (SOUZA et al., 2016).

Para a tolerância propriamente dita, ressalta-se que as plantas de milho podem estar sob baixa disponibilidade hídrica e tolerarem o estresse hídrico ao invés de escaparem do estresse. Um dos mecanismos de defesa frente ao estresse é o sistema de desintoxicação antioxidante via a rota de Halliwell-Asada ou ciclo do ascorbato/glutationa, que consiste de um sistema não enzimático (moléculas de pequeno peso molecular) e de um sistema enzimático composto pelas enzimas antioxidantes (AVRAMOVA et al., 2017). O acúmulo de osmorreguladores (solutos osmoticamente ativos) nos tecidos como a prolina e outros açúcares, podem ser agrupados como mecanismos de defesa para tolerar o estresse. O teor de alguns compostos como espécies reativas de oxigênio, ácido abscísico e malonaldeído, geram entendimento sobre os mecanismos de tolerância à seca.

5. IMPORTÂNCIA DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO SOB DÉFICIT HÍDRICO

Para o cultivo do milho safrinha em solos argilosos há maiores chances de armazenamento de água no solo nos períodos de maior demanda pela planta, uma vez que eles possuem maior capacidade de armazenamento de água, do que nos arenosos, permitindo o desenvolvimento mais vigoroso das raízes em profundidade e, conseqüentemente, da parte aérea das plantas, permitindo melhor tolerância aos estresses hídricos.

Apenas parte da água que um solo pode reter fica disponível para as plantas. Esta parte é comumente aceita como sendo a água retida entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. Explicando melhor, vamos pensar no solo como um reservatório: ele apresenta um nível máximo, acima do qual ocorre seu transbordamento; nível de segurança (abaixo do nível máximo) onde se pode ainda retirar água sem problemas; e nível mínimo, abaixo do qual não se consegue mais captar água. A capacidade máxima de retenção nada mais é do que a Capacidade de Campo, e ocorre quando todos os microporos do solo estão ocupados com água. Já a capacidade mínima está relacionada com o Ponto de Murcha Permanente, que representa o limite mínimo de água armazenada no solo que pode ser utilizada pelas plantas. Nesse ponto a água é mantida tão firmemente pela matriz do solo que as raízes não podem absorvê-la. O nível de segurança é a zona de absorção de água pelas raízes de forma mais fácil e de acordo com suas necessidades em função do estágio fenológico.

Os fatores que afetam a retenção de água em um solo são textura e estrutura. A textura é o principal fator pois, diretamente, determina a área de contato entre as partículas sólidas e a água e apresenta proporções de poros de diferentes tamanhos. A textura refere-se apenas a tamanho de partícula e, além de tamanho, também é de grande importância na retenção de água e na qualidade do material, principalmente das argilas. A matéria orgânica, quando coloidal, também apresenta boas propriedades de retenção. Por isso, adições repetidas de matéria orgânica ao solo, podem aumentar sua retenção de água. Já a estrutura do solo determina o arranjo das partículas, que por sua vez vai determinar a distribuição dos poros.

Como o solo é um reservatório, quanto maior a profundidade considerada, maior a quantidade de água armazenada. Entretanto, por causa da ação da gravidade, parte da água se move no sentido vertical para baixo, saindo da zona radicular e indo contribuir para recarga dos reservatórios subterrâneos. Por isso, ao se definir o armazenamento de água de um solo, é preciso definir a profundidade do perfil.

A água disponível no solo às plantas de milho tem relação com seus diferentes estádios fenológicos, sendo o período compreendido entre pré-florescimento, pendoamento e enchimento dos grãos os mais críticos para uma deficiência hídrica. Alguns fatores fisiológicos vão afetar o aproveitamento da água armazenada no solo: abertura estomática, tamanho e número de estômatos, quantidade de folhas, enrolamento foliar e profundidade e proliferação de raízes.

A água armazenada no solo é definida como a sua capacidade de água disponível (CAD) que, conforme já mencionado, sofre forte interferência da textura (conteúdo de areia, silte e argila), além de outros fatores, como teor de matéria orgânica, estrutura, barreiras físicas subsuperficiais etc. Além disso, a CAD também pode ser aumentada com o aprofundamento do sistema radicular da cultura, tendo em vista que maior volume de raízes vai explorar maior volume de solo. Assim, sob déficit hídrico, uma maior CAD fará com que a cultura (com sistema radicular mais profundo) suporte melhor um período longo de pouca água, como é o caso do milho safrinha. Outro fator a considerar também é utilização de medidas que reduzam a evaporação da água da superfície do solo, com o uso de preparo do solo mais conservacionista, como o plantio direto na palha que é potencialmente redutor de perda de água por evaporação.

6. A TRANSLOCAÇÃO DE FOTOASSIMILADOS E NUTRIENTES É MAIOR NA SAFRINHA - IMPACTOS NA QUALIDADE DO COLMO

O colmo contém uma considerável reserva de fotoassimilados, os quais são translocados para a espiga. Há evidência de que uma mobilização considerável de fotoassimilados ocorre durante o período de enchimento dos grãos (MAGALHÃES e DURÃES, 2008). Essa mobilização ocorre especialmente quando os requerimentos de carboidratos para o grão excedem a produção de fotoassimilados pela planta. Carboidratos solúveis armazenados temporariamente no colmo,

espiga e palha servem como fonte de crescimento do grão, quando ocorre o declínio na fotossíntese da planta no final da estação de crescimento. Em ambientes desfavoráveis, o colmo mostra maior participação do que em ambientes favoráveis, ou seja, maior quantidade de fotoassimilados é alocada do colmo para o grão em situação de estresse, quando as folhas são menos saudáveis (MAGALHÃES e DURÃES 2008).

Portanto, qualquer fator que interfira negativamente no processo de fotossíntese durante o enchimento de grãos como estresse hídrico, temperaturas elevadas, desequilíbrios nutricionais, redução da radiação solar e perda de área foliar por causa do ataque de pragas e doenças, resulta em inadequado suprimento de carboidratos para enchimento dos grãos. Nesse caso, o colmo, além de função estrutural, atua também como órgão de reserva e passa a ser a principal fonte de carboidratos para o enchimento dos grãos, via processo de translocação. No entanto, a redução da atividade fotossintética e a intensa translocação de carboidratos do colmo para a espiga resulta num enfraquecimento dos tecidos do colmo, tornando-os mais suscetíveis ao ataque de patógenos causadores de podridão. Desse modo, é possível afirmar que qualquer fator que reduza a capacidade fotossintética e a produção de carboidratos predispõe as plantas à ocorrência destas doenças e o enfraquecimento do colmo, causando possível redução de estande de plantas por quebraamento.

7. QUAL MILHO USAR NA SAFRINHA, OS DE CICLO SUPERPRECOSES, OU PRECOSES?

Apesar de o cultivo de milho após a colheita da soja ser realizado em época de menor disponibilidade hídrica, a maioria dos produtores que adotam este binômio de cultivo optam por cultivares de ciclo precoce. Uma das razões para esta escolha baseia-se na disponibilidade de cultivares recomendadas pelas empresas nas regiões (PEREIRA FILHO e BORGHI, 2020). A Tabela 1 demonstra que, nas últimas oito safras, a predominância de novas cultivares disponibilizadas

ao mercado é de materiais de ciclo precoce, justamente pela maior adaptabilidade e estabilidade produtiva para safrinha em comparação às cultivares de ciclo hiper ou superprecoces, estas últimas posicionadas exclusivamente para o cultivo de verão na região Sul.

Tabela 1. Variação percentual das cultivares de milho disponíveis no mercado, quanto ao ciclo de desenvolvimento, em oito safras consecutivas. Embrapa Milho e Sorgo, 2019

Safr	% de variação das cultivares em relação aos ciclos				
	Precoce	Superprecoce	Semiprecoce	Hiperprecoce	Normal
2013/14	69,16	22,62	4,28	1,28	2,78
2014/15	68,77	23,83	3,37	0,84	3,16
2015/16	66,87	22,91	4,64	0,92	4,33
2016/17	69,98	26,03	4,12	1,58	1,27
2017/18	65,77	28,52	3,70	0,67	1,34
2018/19	70,89	24,69	3,08	0,00	0,62
2019/20	65,80	24,50	4,60	3,10	1,00
2020/21	66,33	23,50	4,00	3,00	3,17
Média*	67,94	24,57	3,97	1,42	2,10

Fonte: Pereira Filho e Borghi (2020); Pereira Filho e Borghi (2021, no prelo). *Média de oito safras.

Se a lavoura não está em área de risco, há novos híbridos mais tolerantes à seca e a baixas temperaturas, com ciclo precoce e normal e que apresentam maior potencial produtivo. Deve-se lembrar que sempre é interessante possuir cultivares com diferentes ciclos. Isso diminui os riscos das condições climáticas e desafoga o maquinário e as operações agrícolas para os tratos culturais principalmente aqueles ligados ao manejo de pragas. É preciso ficar atento para a escolha do híbrido, pois o ciclo pode apresentar variação de acordo com a data de semeadura, condições climáticas e região (Tabela 2).

Tabela 2. Variação do ciclo da cultura de milho (dias) em função da época de semeadura, para produção de milho verde

Época de semeadura	Cultivar		
	Normal	Precoce	Superprecoce
05 de fevereiro	124	117	108
05 de março	134	129	127
06 de abril	145	140	138
05 de maio	139	138	137
08 de junho	138	133	131
09 de julho	146	134	125
12 de agosto	124	119	118
08 de setembro	125	118	115
07 de outubro	115	112	106
08 de novembro	116	112	107
09 de dezembro	115	115	112

Fonte: Sans et al. (1991), citados por Pereira Filho e Cruz (1993).

Os milhos superprecoces são utilizados em regiões onde a condição climática é mais extrema, como em algumas regiões do Rio Grande do Sul, onde a janela de semeadura se torna curta em função de temperaturas muito baixas. Nessas condições, os milhos superprecoces, por terem o ciclo mais rápido, têm mais condições de serem mais produtivos do que os precoces, que podem sofrer mais com a temperatura e não conseguir produtividades satisfatórias. Além do mais, os milhos precoces são mais responsivos na população de 60 mil plantas por hectare do que os milhos dos outros ciclos (PEREIRA FILHO et al., 2013); por isso há preferência dos produtores pelo ciclo precoce, uma vez que a densidade de semeadura da grande maioria dos produtores de milho safrinha está em média de 60 mil plantas por hectare.

Na figura 1 verifica-se a produtividade de híbridos precoces e superprecoces em diversas localidades no estado do Paraná. Observa-se que apenas em Campo Mourão e Santa Helena, os materiais superprecoces superaram os precoces; nos demais locais prevaleceram os precoces. Esse fato pode ser explicado em função da condição

climática mais fria naquelas duas localidades, mostrando assim que, para uma janela de semeadura curta, este tipo de milho é mais eficiente em produtividade.

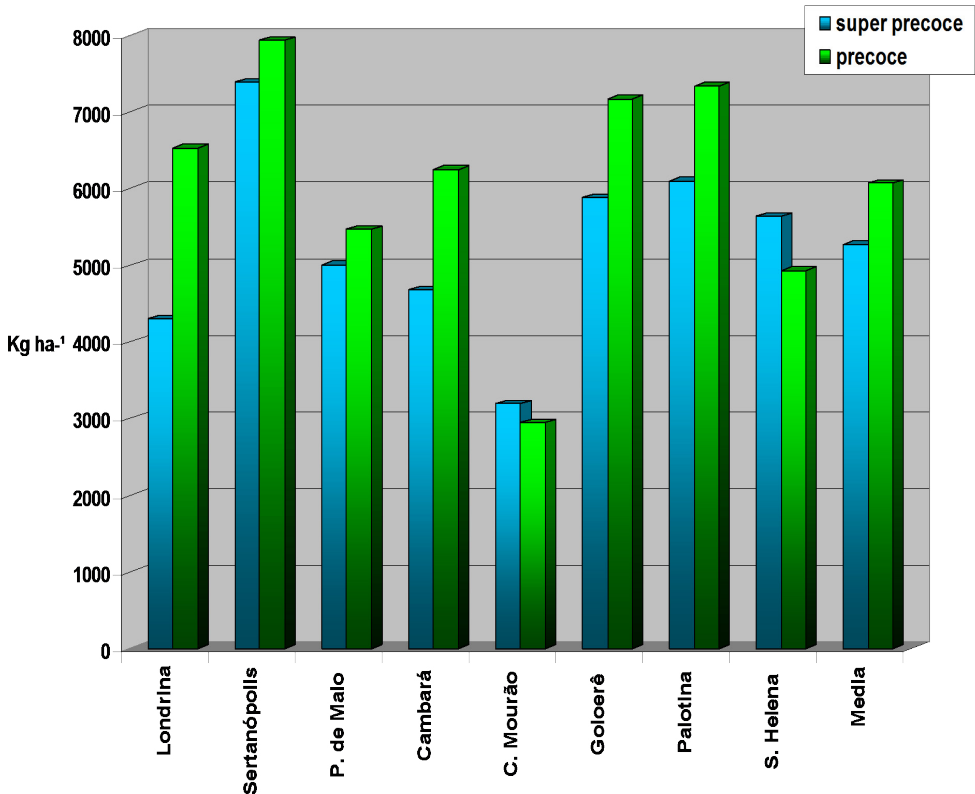


Figura 1. Produção de híbridos superprecoce e precoce em diversas localidades do estado do Paraná (Ensaio Safrinha do IAPAR, 2008).

As vantagens da precocidade estão relacionadas com a redução dos riscos de estresses, menor pressão de doenças, redução dos riscos com variabilidade do clima, escalonamento da colheita, possibilidade da semeadura subsequente de outra cultura com maior período de janela.

Por outro lado, as desvantagens podem estar relacionadas com a redução do ciclo do cultivo, uma vez que a cultura, frente a uma

condição climática adversa, apresenta um curto período de tempo para se recuperar. Nesta condição, o milho precoce exige alta necessidade de manejo e adubação. Por isso, as escolhas da cultivar e de algumas técnicas de manejo são essenciais para plantar milho precoce com segurança.

A precocidade dos híbridos de milho é medida com base no tempo para a colheita, e leva em consideração que alguns híbridos têm um período de enchimento de grão mais curto ou apresentam perda de umidade mais acentuada (*dry down*) que outros. Então, híbridos de mesmo ciclo de florescimento podem estar aptos para colheitas em número de dias diferentes.

Cultivares de milho tropicais são pouco responsivas ao fotoperíodo, mas o ciclo (da semeadura ao florescimento, ou à maturação fisiológica) é bastante influenciado pelas temperaturas máximas e mínimas das regiões e épocas de cultivo, de modo que as cultivares apresentam ciclo mais curto em regiões e épocas de cultivo mais quentes, e, obviamente, ciclo alongado em condições contrárias. Esse efeito de elasticidade do ciclo, e a própria classificação de ciclo de cultivares, está relacionado com a medida de “graus-dias” (MAGALHÃES e DURÃES, 2008).

Ressalte-se a importância da regionalização da cultivar frente às peculiaridades do ambiente.

O Brasil vem mantendo uma taxa de crescimento de produtividade do milho safrinha na ordem de 5% ao ano, muito superior à própria soja, que neste mesmo período aumentou a produtividade numa taxa de 1,6% a 1,8% ao ano (Conab, 2021). E para sustentar todo esse crescimento houve a necessidade de investimentos substanciais, a começar pelos programas de melhoramento, ofertando híbridos mais adaptados, responsivos ao uso de tecnologia e, portanto, mais produtivos, passando pela geração e difusão de informações de manejo e, conseqüentemente, melhor suporte no campo com a incorporação de novas tecnologias.

O correto posicionamento de cultivares face às condições edafoclimáticas regionais para permitir o máximo potencial produtivo da cultura do milho é critério fundamental, adequando-se as práticas agropecuárias de forma correta e no tempo adequado, otimizando o uso dos recursos naturais disponíveis (MAGALHÃES e SOUZA, 2020), conforme já descrito nos itens anteriores deste texto.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo do milho safrinha, sofre com estresses bióticos e abióticos, diferentemente do milho verão. Os abióticos são aqueles de maior importância e tratados aqui neste texto. Seca, temperatura e radiação solar influenciam no desempenho das plantas de milho. Esses efeitos podem se tornar ainda mais evidentes, dependendo da época de semeadura. Novas ferramentas estão sendo aprimoradas e disponibilizadas para o agricultor, como o uso do Zarc para a escolha correta da janela de semeadura. Além disso, muitas tecnologias emergentes têm surgido para aumentar a produtividade e mitigar os efeitos dos estresses.

O sistema Antecipe, que consiste no cultivo intercalar mecanizado do milho nas entrelinhas da soja a partir do estágio R₅ da leguminosa, mostra-se como uma solução inovadora para incrementar a produtividade de grãos por área e o aumento da oferta de milho no mercado brasileiro. Com esta tecnologia, o agricultor pode ganhar até vinte dias de adiantamento na semeadura, sobretudo, na safrinha tardia.

Ressalta-se também o desenvolvimento de novas cultivares de milho adaptadas para as diferentes áreas de cultivo da safrinha. Esses materiais têm grande potencial produtivo e têm servido para mitigar os efeitos adversos do meio ambiente. Prova disso são as atuais produtividades do milho no ambiente safrinha.

A safrinha hoje deixou de ser uma pequena safra para se tornar uma safra com potencial de crescer ainda mais em termos de

produtividade de grãos. As estatísticas comprovam esta afirmação e deixam um horizonte bastante promissor para ser explorado num futuro próximo e com possibilidades de aberturas de novas áreas de cultivo, sempre seguindo o binômio soja-milho, comprovadamente uma combinação que deu certo para o agricultor brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores Israel Alexandre Pereira Filho e Emerson Borghi, pelas valiosas sugestões e contribuições ao texto.

REFERÊNCIAS

ALAM, M. A.; SEETHARAM, K.; ZAIDI, P. H.; DINESH, A.; VINAYAN, M. T.; NATH, U. K. Dissecting heat stress tolerance in tropical maize (*Zea mays* L.). **Field Crops Research**, v. 204, p. 110-119, 2017.

AROCA, R.; VERNIERI, P.; IRIGOYEN, J. J.; SANCHEZ-DIAS, M.; TOGNONI, F.; PARDOSSI, A.; Involvement of abscisic acid in leaf and root of maize (*Zea mays* L.) in avoiding chilling-induced water stress. **Plant Science**, v. 165, p. 671-679, 2003.

AVRAMOVA, V.; ABDELGAWAD, H.; VASILEVA, I.; PETROVA, A. S.; HOLEK, A.; MARIEN, J.; ASARD, H.; BEEMSTER, G. T. S. High antioxidant activity facilitates maintenance of cell division in leaves of drought tolerant maize hybrids. **Frontiers in Plant Science**, n. 8, p. 84, 2017.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p.

BEVILACQUA, L. B. **Sazonalidade da concentração de CO₂ atmosférico em uma área agrícola no RS**. 2012. 53 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 7, sétimo levantamento, abr. 2021.

CROOKSTON, R. K.; HICKS, D. R. Effect of early defoliation on maize growth and yield: an eleven-year perspective. **Crop Science**, v. 28, p. 371-373, 1988.

DARYANTO, S.; WANG, L.; JACINTHE, P. A. Global synthesis of drought effects on cereal, legume, tuber and root crops production: A review. **Agric. Water Manag**, v. 179, p. 18-33, 2020.

HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; ALAM, M. M.; ROYCHOWDHURY, R.; FUJITA, M. Physiological, Biochemical and Molecular Mechanisms of Heat Stress Tolerance in Plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, p. 9643-9684. 2013.

KARAM, D.; BORGHI, E.; MAGALHAES, P. C.; PAES, M. C. D.; PEREIRA FILHO, I. A.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, T. C. de; ADEGAS, F. S. **Antecipe**: cultivo intercalar antecipado. Brasília: Embrapa, 2020. 105 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1126609>.

LOPES, M. S.; ARAUS, J. L.; VAN HARDEN, P. D. R.; FOYER, C. H. Enhancing drought tolerance in C4 crops. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, p. 3135-3153, 2011.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da produção. In: CRUZ, J. C. et al. (Eds.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 63-87.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. Aspectos fisiológicos da desfolha precoce de plantas de milho. In: KARAM, D.; BORGHI, E.; MAGALHÃES, P. C. et al. (Eds.). **Antecipe**: cultivo intercalar antecipado. Embrapa Milho e Sorgo, p. 34-38. 2020.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; KARAM, D. **Milho**: redução do espaçamento entrelinhas: uma adoção tecnológica. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 126 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos 163).

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Sementes de milho**: nova safra, novas cultivares e continua a dominância dos transgênicos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 251).

QU, A. L.; DING, Y. F.; JIANG, Q.; ZHU, C. Molecular mechanisms of the plant heat stress response. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 432, p. 203-207, 2013.

SALEHI-LISAR, S. Y.; BAKHSHAYESHAN-AGDAM, H. Agronomic Crop Responses and Tolerance to Drought Stress. In: **Agronomic Crops**, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, p. 63-91, 2020.

SELEIMAN, M. F.; AL-SUHAIBANI, N.; ALI, N.; AKMAL, M.; ALOTAIBI, M.; REFAY, Y.; DINDAROGLU, T.; ABDUL-WAJID, H.H.; BATTAGLIA, M. L. Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects. **Plants**, 10, 259. p. 2-25, 2021.

SILVA, W. J. C; DALCHIAVON, F. C. Induced defoliation and corn productivity performance. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, n. 4, p. 128-137, 2020.

SOUZA, T. C.; MAGALHÃES, P. C.; CASTRO, E. M.; DUARTE, V. P. de; OLIVEIRA, A. L. Corn root morphoanatomy at different

development stages and yield under water stress. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 330-339, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 449-484.

WIJewardana, C.; Henry, W. B.; Hock, M. W.; Reddy, K. R. Growth and physiological trait variation among corn hybrids for cold tolerance. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 96, p. 639-656. 2016.

Zhu, J.; Brown, K. M.; Lynch, J. P. Root cortical aerenchyma improves the drought tolerance of maize (*Zea mays* L.). **Plant, Cell and Environment**, v. 33, p. 740-749, 2010.

V. CONSTRUÇÃO DE PERFIL DO SOLO: APENAS MELHORIA QUÍMICA?

Cássio Antonio **Tormena** ⁽¹⁾

Guilherme **Anghinoni** ⁽²⁾

Camila Jorge Bernabé **Ferreira** ⁽³⁾

Edner **Betioli Júnior** ⁽⁴⁾

RESUMO

O conceito de perfil de solo é fundamental para a redução de risco na agricultura moderna, tendo em conta a importância do solo e do clima para a produção agrícola. Construir perfil de solo é a arte de compatibilizar o uso inteligente dos recursos disponíveis no solo (água e nutrientes) para a assimilação de C, H e O, estabilizando as produções em patamares mais elevados. Raízes concentradas em camadas superficiais exaurem rapidamente a água do solo, cujos reflexos se estendem para outras propriedades físicas do solo, além da redução do teor de água e do potencial da água no solo, que regulam o fluxo e, conseqüentemente, a disponibilidade de água às plantas. Uma ampla disponibilidade e acesso à água no perfil do solo é fundamental para a obtenção de elevadas produtividades. Portanto, construção de perfil do solo sob a ótica agrônômica exige muito mais do que a correção e adubação dos solos. Neste contexto, a questão básica e fundamental para a construção do perfil do solo é estabelecer quais são as limitações ao acesso à água e

⁽¹⁾ Professor Titular do Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790 - Campus, 87020-900, Maringá-PR. cassiotormena@gmail.com

⁽²⁾ Pesquisador do Instituto Goiano de Agricultura. Rodovia GO-174, km 45 a direita 3,5 km, Zona Rural, 75915-000, Montividiu-GO. gui.anghi@gmail.com

⁽³⁾ Professora da Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde, Fazenda Fontes do Saber, s/n, Rio Verde-GO. camilajbferreira@gmail.com

⁽⁴⁾ Gerente de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, Superbac, Rodovia Hermínio Antônio Pennacchi, km 32, Mandaguari-PR. betioli.jr@gmail.com

nutrientes nas camadas mais profundas do perfil do solo. A compactação do solo é o principal desafio para a construção do perfil do solo, uma vez que modifica o ambiente físico na zona radicular, com reflexos em componentes biológicos e químicos da fertilidade do solo. O correto diagnóstico da compactação é fundamental para o planejamento das práticas de manejo e para o estabelecimento de condições físicas que minimizem os estresses às lavouras.

Palavras-chave: Perfil do solo, compactação, disponibilidade de água.

1. INTRODUÇÃO

Na natureza, os perfis de solo foram lentamente formados e sob condições tropicais, os processos e fatores de formação resultaram em solos desprovidos de bases, com presença de alumínio e, via de regra, pobres em fósforo. Para a obtenção de elevadas produtividades sob intensivo uso agrícola são necessárias práticas de correção e adubação para a reconstrução da fertilidade destes solos. Contudo, uma vez incorporados aos modernos sistemas de produção, as perdas de matéria orgânica, a compactação do solo pela intensiva mecanização das operações agrícolas e a utilização de sucessão de culturas ou rotações simplificadas, têm resultado na degradação da estrutura e da qualidade física dos solos. Na literatura temos exemplos que mostram a perda da funcionalidade estrutural e física do solo por meio de mudanças de sistemas de uso e manejo. Assim, o restabelecimento da funcionalidade do solo envolve, além do manejo químico, o diagnóstico das condições físicas do solo e o estabelecimento de práticas de manejo para recuperação e manutenção da estrutura e da qualidade física dos solos.

Nos últimos anos, com a intensificação da mecanização agrícola, maior atenção tem sido dada ao componente físico da fertilidade do solo para obter ganhos de produtividade, aproveitando os avanços obtidos com o melhoramento genético das plantas. De forma simples,

por que além da correção e adubação temos que nos preocupar com a condição física do solo? Primeiramente, é preciso lembrar que a análise da composição da matéria seca das plantas revela que cerca de 90% dela é composta por Carbono, Hidrogênio e Oxigênio enquanto os 10% restantes referem-se aos elementos minerais considerados macro e micronutrientes. Portanto, apesar da relevante importância dos 10% dos elementos que compõem a matéria seca das plantas, parece óbvio que ganhos sustentáveis de produtividade também demandam ações para aumentar a assimilação de C, H e O pelas culturas. A questão crucial é que C, H e O são fornecidos pela água e CO_2 , ambos essenciais para a efetividade do processo fotossintético nas plantas.

A abertura estomatal é fundamental para a fotossíntese, a qual exige o fluxo contínuo de água do solo para o interior da planta e da planta para a atmosfera, permitindo a assimilação do CO_2 . Neste contexto, são importantes os fatores que influenciam a disponibilidade de água no solo (textura, matéria orgânica, estrutura, profundidade do solo, dentre outras) e as condições climáticas regionais que regulam a oferta de água nas diferentes estações do ano. Notadamente, as camadas superficiais estão mais sujeitas às perdas de água por evaporação e pela transpiração das plantas, sugerindo que é preciso acessar água das camadas subsuperficiais. Portanto, o planejamento para se obter elevadas produções deve focar no acesso à água disponível no perfil do solo para as plantas.

Quando tratamos do tema perfil do solo, do que estamos efetivamente falando e qual é nossa expectativa? Do ponto de vista pedológico, perfil de solo remete ao conceito de um conjunto de horizontes ou camadas que constituem um determinado solo. É sabido que, sob condições naturais ou mesmo sob uso agrícola, há uma maior concentração de nutrientes nas camadas mais superficiais e uma maior disponibilidade temporal de água nas camadas mais profundas do solo. Assim, construir perfil do solo deveria estabelecer condições de fertilidade (físicas, químicas e biológicas) para que a distribuição das raízes otimizasse a absorção dos nutrientes mais disponíveis nas

camadas superficiais bem como para a absorção de água e daqueles nutrientes mais móveis que se deslocam para camadas mais profundas do perfil do solo. Fatores físicos, químicos ou biológicos que promovem a concentração de raízes nas camadas mais superficiais (até, por exemplo, 20 cm) eleva o risco de perdas de produção por fatores climáticos, reduz a resiliência das culturas aos estresses, reduz a eficiência dos processos de produção bem como aumenta os custos de produção. O conceito de perfil de solo (uso dos recursos disponíveis às plantas) na agricultura moderna é uma estratégia de redução de risco tendo em conta a importância do clima para a produção agrícola.

2. CONSTRUIR PERFIL DE SOLO: ESTRATÉGIA PARA VIABILIZAR O USO DO ESTOQUE DE ÁGUA DISPONÍVEL

O estudo de Batistti e Sentelhas (2017) mostra que incrementos expressivos de produção de soja estão diretamente relacionados à profundidade do perfil de solo explorado pelas raízes (pelo menos até 1 m de profundidade) e ao aumento da proporção de raízes que exploram camadas do subsolo (Figura 1). Na figura 1 é possível observar que a concentração das raízes da soja até 30 cm de profundidade resulta em produtividades menores que 4.000 kg ha⁻¹. Construir perfil de solo é a arte de compatibilizar o uso inteligente dos recursos (água e nutrientes) disponíveis no solo para a assimilação de C, H e O pelas plantas, estabilizando as produções em patamares mais elevados.

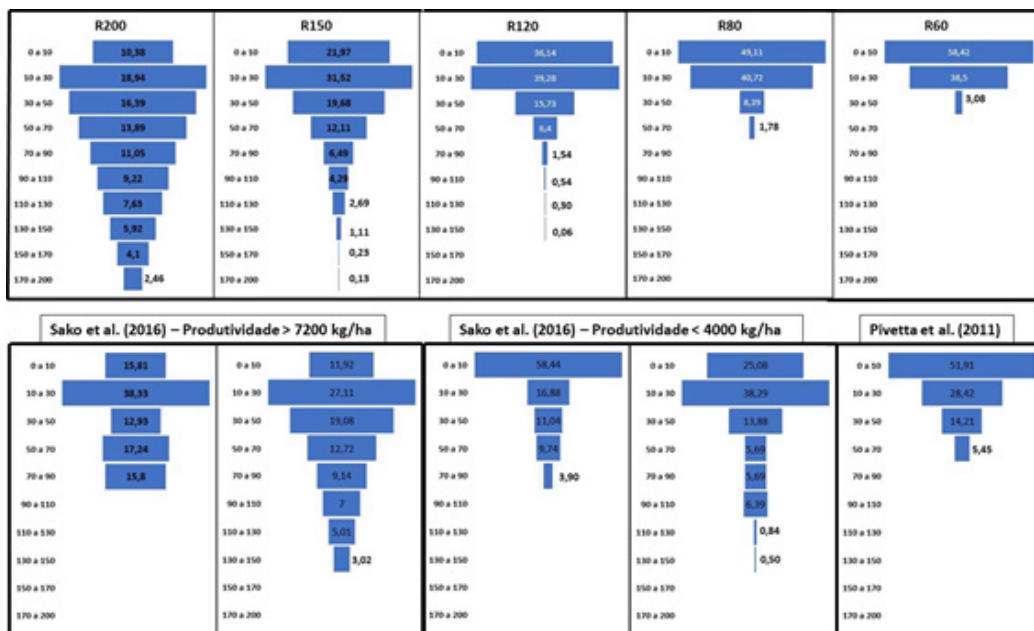


Figura 1. Distribuição proporcional da densidade de comprimento radicular de soja (%) ao longo de perfis de solo simulados para profundidades máximas de raiz em 200 (R200), 150 (R150), 120 (R120), 80 (R80) e 60 cm (R60) em diferentes ambientes e valores observados para altas e baixas produtividades. Fonte: Compilação de Battisti e Sentelhas (2017).

Raízes concentradas em camadas superficiais exaurem rapidamente a água do solo, cujos reflexos se estendem para outras propriedades físicas do solo, além da redução do teor de água e do potencial da água no solo, que regulam o fluxo e, conseqüentemente, a disponibilidade de água às plantas. Uma ampla disponibilidade de água no perfil do solo é fundamental para a obtenção de elevadas produtividades. Tradicionalmente, ela tem sido medida como a água retida entre limites de potencial de água no solo: o superior denominado de capacidade de campo (CC), usualmente medido como o conteúdo de água (θ) nos potenciais de água entre -6 e -10 kPa; e o inferior denominado de ponto de murcha permanente (PMP) ou θ no potencial de água de -1500 kPa. Assim, o conceito de água disponível ($AD = \theta_{CC} - \theta_{PMP}$) tem sido amplamente utilizado como um indicador, ainda que estático, das condições físicas do solo para o crescimento das plantas. O conceito de AD leva em conta apenas o potencial hídrico como fator limitante às plantas. No entanto, entre

os teores de água na CC e PMP, limitações físicas relacionadas com a baixo fluxo de gases (aeração) e impedimento mecânico (resistência do solo à penetração) às raízes podem estar presentes e reduzir o crescimento radicular e o acesso a água disponível no perfil do solo. Assim, a condição estrutural do solo influencia tanto a aeração como a resistência do solo à penetração, as quais concomitantemente podem afetar o crescimento das plantas entre os limites de AD.

Neste contexto, a questão básica e fundamental para a construção do perfil do solo é estabelecer quais são as limitações ao acesso à água e aos nutrientes nas camadas mais profundas do perfil do solo. Do ponto de vista físico, o crescimento e desenvolvimento das plantas é diretamente afetado, além da disponibilidade de água, pela temperatura, aeração e pela resistência do solo à penetração das raízes. O efeito direto destes fatores físicos no crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas deve-se às suas atuações em processos fisiológicos. Portanto, a construção de perfil do solo sob a ótica agrônômica exige muito mais do que a correção e adubação dos solos. É preciso criar condições para que raízes acessem a água disponível no perfil e que o restrito fluxo de gases e/ou excessiva resistência mecânica não restrinja o crescimento das raízes apenas às camadas superficiais. O rápido secamento das camadas superficiais, além de reduzir a disponibilidade de água, aumenta fortemente a resistência mecânica e, por consequência, o alongamento das raízes. Cria-se um círculo vicioso: cada vez raízes mais concentradas na superfície levam ao secamento muito rápido destas camadas, do qual resulta em maior resistência do solo à penetração e por sua vez, resulta em maior dificuldade de as raízes alcançarem camadas mais profundas no perfil do solo. Resultados recentes mostram que as raízes das plantas atuam como sensores destas condições físicas, emitindo sinais químicos e hormonais para a parte aérea, resultando no fechamento dos estômatos, mesmo com suficiente disponibilidade de água no solo.

3. COMPACTAÇÃO DO SOLO: UMA AMEAÇA À PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Uma vez que se justifica a necessidade de termos condições físicas adequadas para o crescimento das raízes e para o funcionamento fisiológico e metabólico das plantas, o nosso maior desafio é como compatibilizar isso com o tráfego de máquinas cada vez maiores e mais pesadas durante duas ou três safras anuais. O aumento na eficiência operacional demanda máquinas maiores e as previsões são de que tamanho e peso continuarão aumentando nos próximos anos. Os efeitos colaterais do tráfego das máquinas agrícolas sob condições de umidade favoráveis à compactação do solo têm ocorrido com frequência devido às curtas janelas operacionais em sistemas intensivos de produção. No sistema de produção soja-milho safrinha, a colheita da soja e o plantio subsequente e imediato do milho safrinha são geralmente realizados sob condições de solo com umidade favorável à compactação, cujos efeitos sobre o solo são resumidamente mostrados na figura 2. Em sistema de plantio direto, tem-se verificado uma camada mais compactada entre 8-20 cm de profundidade, limitando o crescimento das raízes em subsuperfície. Contudo, ainda não há estudos sistemáticos em solos brasileiros sobre os efeitos do tráfego de máquinas nas mudanças estruturais e físicas do solo em camadas subsuperficiais dos solos.

Uma das consequências mais comum da compactação é o aumento da resistência do solo à penetração, que causa redução na taxa de alongação das raízes (crescimento em mm/dia), o que torna o crescimento das raízes mais lento e aumenta o tempo para que as raízes alcancem uma determinada profundidade no perfil do solo. O impacto da resistência na redução do crescimento das raízes afeta o volume de solo explorado e por consequência o acesso à água no solo. Além da resistência, a compactação afeta distribuição dos poros, notadamente dos macroporos, reduzindo a aeração do solo em períodos úmidos mais prolongados. A alongação das raízes é reduzida sob menores níveis de oxigênio, o que resulta em menor crescimento do sistema radicular, influenciando o uso eficiente da água no perfil do solo.

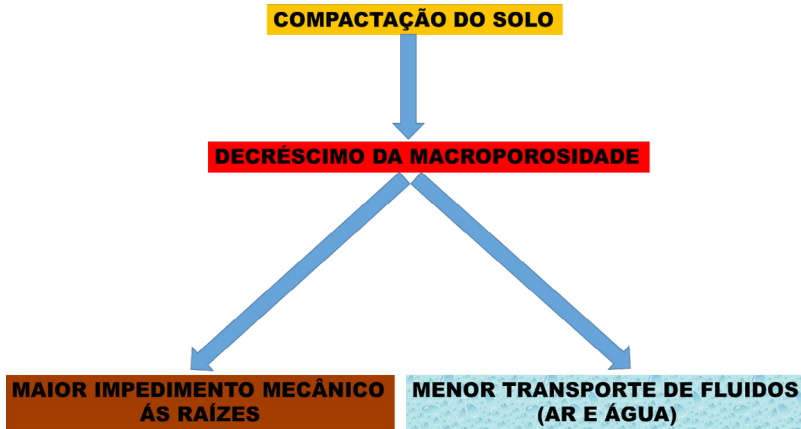


Figura 2. Ilustração dos impactos da compactação em processos físicos dos solos. Fonte: Os autores.

Para ilustrar os impactos da compactação na disponibilidade de água do perfil do solo (Figura 3), o estudo de Kramer (2016) foi conduzido num Latossolo Vermelho eutroférico muito argiloso, cultivado com soja-milho safrinha, no qual as limitações químicas no perfil do solo até 1 m de profundidade eram mínimas.

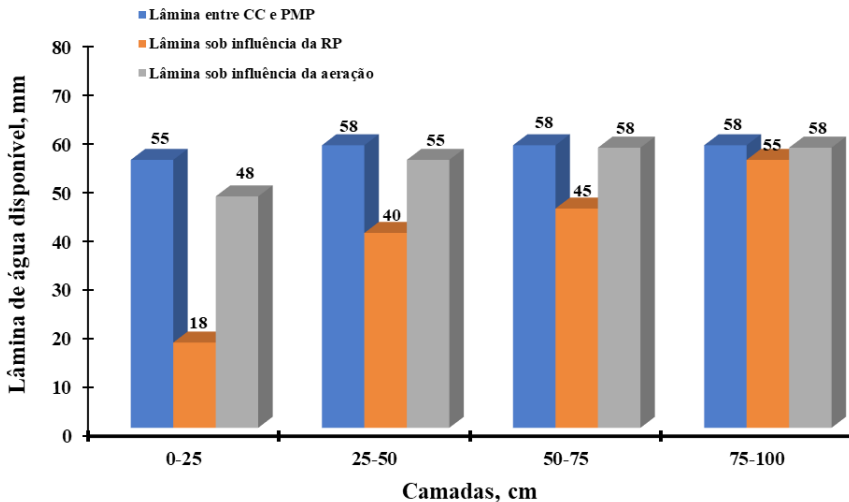


Figura 3. Valores de lâmina de água disponível entre a capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) bem como sob a influência da resistência do solo à penetração (RP) e da porosidade de aeração. Fonte: Adaptado de Kramer (2016).

Os resultados mostrados na figura 3 indicam que a lâmina de água disponível entre a CC e PMP é relativamente constante no perfil do solo, resultando numa lâmina total de 229 mm de água, sendo que 116 mm estão disponíveis na camada de 50-100 cm de profundidade. Contudo, as modificações estruturais associadas com a compactação causam drásticas reduções na disponibilidade hídrica até a camada de 75 cm de profundidade devido ao efeito da resistência do solo à penetração. Estes resultados indicam que os efeitos da compactação do solo não se restringem às camadas superficiais e estão afetando negativamente o potencial produtivo deste solo, apesar do seu caráter eutrófico. As reduções na lâmina de água disponível são de 68%, 30% e 22% nas camadas de 0-25 cm, 25-50 cm e 50-75 cm de profundidade, respectivamente. Já a aeração do solo teve menor impacto sobre a disponibilidade de água e afetou mais fortemente a camada de 0-25 cm. No mesmo solo, sob mata em área contígua à área de lavoura, não havia impactos da resistência do solo à penetração e ou da aeração sobre a lâmina de água disponível no perfil (dados não mostrados), indicando que a água estava integralmente disponível no perfil do solo para as plantas.

O restabelecimento das funções físicas do solo para garantir o crescimento de raízes e acesso à água retida no perfil do solo é fundamental para que as plantas aumentem a eficiência no uso da água e de nutrientes para uma maior captura de C, H e O. Práticas de manejo que estabelecem a formação de macroporos contínuos e estáveis, que promovam a adição de carbono orgânico no solo e da atividade biológica do solo, devem ser planejadas em função do ambiente de produção. Os resultados de Inagaki et al. (2021) mostram que plantas com sistema radicular agressivo e profundo são fundamentais para a recuperação e manutenção da qualidade física do perfil do solo em áreas sob sistema plantio direto, permitindo acesso à água disponível no solo. Neste contexto, o correto diagnóstico da condição física do solo é fundamental para o bom planejamento do manejo do solo a ser adotado com vistas à construção do perfil do solo nos diferentes agroecossistemas brasileiros.

O acesso à água no perfil do solo pressupõe que a reposição da água do perfil pela chuva ou irrigação seja efetivado. Jamali et al. (2021) constataram que a compactação do solo reduziu a recarga do perfil em 16% e que as maiores reduções ocorreram nas camadas entre 30-70 cm de profundidade, justamente a camada que foi determinante para a ocorrência dos estresses e perdas de produtividade da cultura do algodão. Estes e outros resultados indicam a importância dos sistemas de solo e cultural para manter condições físicas do solo favoráveis à infiltração da água, para reabastecer o reservatório de água no perfil e prover o crescimento das raízes das culturas até este reservatório. O estudo de Silva et al. (2021), na região dos Cerrados, indica que o monocultivo da soja em sistema de plantio direto resultou em perdas de água equivalentes a 10% da chuva total anual enquanto a intensificação ecológica dos sistemas de produção com rotação diversificada de culturas aumentou a conservação de água e a produtividade da soja.

4. LIMITAÇÕES HÍDRICAS EM PERFIS DE SOLOS ARENOSOS

No Brasil, estima-se que os solos arenosos ocupam cerca de 8% do território e são expressivos em várias regiões do país. Apesar de serem frágeis, os solos arenosos serão cada vez mais utilizados para suprir as demandas crescentes de alimentos, fibras e energia. No entanto, eles são muito sensíveis aos efeitos das mudanças climáticas e às atividades antrópicas, aumentando os riscos de degradação, com consequências negativas em termos agrícolas e ambientais. Eles se caracterizam por apresentarem baixos teores de carbono orgânico e de nutrientes, reduzida capacidade de troca catiônica, fraca agregação ou estrutura em grãos simples e baixa capacidade de retenção de água. Há uma ampla variabilidade no comportamento físico dos solos arenosos: por exemplo, a distribuição do tamanho de partículas da fração areia influencia a capacidade de retenção de água destes solos. Também é bem definido que a distribuição de poros em solos arenosos propicia

pouca retenção de água em elevados potenciais e rápida redução do conteúdo de água com o decréscimo do potencial da água no solo, ampliando fortemente os riscos de estresses hídricos nas culturas não irrigadas, mesmo sob curtos veranicos.

Os solos arenosos são reconhecidos pela sua reduzida capacidade de retenção de água no perfil do solo. Contudo, há que levar em conta que os teores de argila variam no perfil do solo e podem influenciar a disponibilidade de água. Na figura 4, é mostrado a lâmina de água disponível em dois solos arenosos derivados do Arenito Caiuá no Noroeste do estado do Paraná. Nota-se que com o incremento de argila em camadas mais profundas ocorre um aumento na disponibilidade de água. Contudo, como já destacado, o acesso à água retida no perfil depende das condições químicas e físicas para que as raízes acessem aquelas camadas.

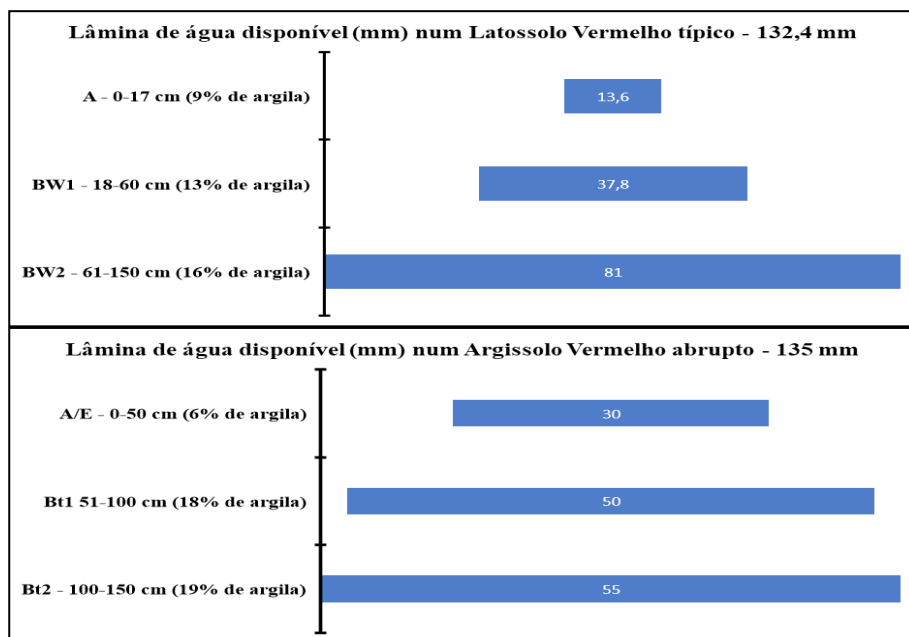


Figura 4. Lâmina de água disponível em diferentes horizontes de dois solos arenosos da região Noroeste do estado do Paraná. Fonte: Adaptado de Silva et al. (2010).

Comparativamente com a figura 3, na qual a disponibilidade hídrica de um solo argiloso é de 2,29 mm por cm de solo, nos solos arenosos mostrados na figura 4, estes valores reduzem para 0,9 mm por cm de solo, o que corresponde a 2,5 vezes menos água disponível do que nos solos argilosos. Portanto, agricultura intensiva em solos arenosos exige maior dependência de regularidade climática e maior eficiência das práticas de manejo para o uso da água e dos nutrientes no perfil do solo. É necessário enfatizar que o uso e o manejo adequado destes solos sob sistemas mais intensivos de produção demandam o uso de culturas de cobertura com elevada produção de biomassa e sempre que possível, sob sistemas integrados de produção. Ressalta-se que nestes solos, sistemas de produção com maior aporte de biomassa são fundamentais para o acúmulo de matéria orgânica, que é a principal fonte de cargas elétricas negativas, determinando a melhoria da frágil estrutura e da qualidade física, química e biológica destes solos.

5. MANEJO FÍSICO DO SOLO COMO FUNDAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DO PERFIL DE SOLO

Os índices de perdas de produtividade das culturas em função da compactação dependem das condições climáticas e podem atingir valores alarmantes. O estudo conduzido por Ferreira et al. (2019), tabela 1, ilustra bem as perdas de produtividade na cultura do milho safrinha decorrentes da compactação. Os resultados deste estudo mostram perdas de cerca de 12% na produtividade da cultura num ano com boas condições climáticas, o que implica em reduções significativas de rentabilidade ao produtor.

Tabela 1. Valores médios de características agronômicas do híbrido de milho P3646YHR semeado em solo compactado e não compactado - Safrinha 2019. Rio Verde, GO

	Compactado	Não Compactado	Diferença em relação ao solo não compactado (%)
População (plantas m ⁻¹)	2,58	2,83	- 9
Acamamento (%)	31,31	9,26	238
Diâmetro do colmo (cm)	1,63	1,92	- 15
Altura de planta (cm)	183	210	- 13
Altura de inserção da espiga (cm)	0,87	0,95	- 8
Comprimento de espiga (cm)	12,92	16,62	- 22
Diâmetro de espiga (cm)	3,82	4,49	- 15
Massa de mil grãos (g)	216,47	230,37	- 6
Número de fileiras espiga ⁻¹	15,17	15,28	1
Número de grãos fileira ⁻¹	23,17	29,39	- 21
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	5413	6143	- 12

Fonte: Ferreira et al., 2019.

Portanto, quando se define fertilidade do solo, temos que atuar para avançar na melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo, uma vez que problemas destas naturezas podem dificultar o aproveitamento dos recursos disponíveis no perfil do solo pelos sistemas radiculares das culturas. Quanto ao componente físico da fertilidade do solo, o nosso foco está em recuperar total ou parcialmente a macroporosidade e reduzir a resistência do solo à penetração, as quais são modificadas constantemente pelo tráfego de máquinas e, portanto, precisam ser frequentemente renovadas após a correção da compactação do solo. Ressaltamos que depois de promover a descompactação do solo, devemos nos preocupar como a recompactação, uma vez que a capacidade de suporte de carga do solo torna-se menor após o solo ser descompactado, principalmente por práticas mecânicas.

O primeiro passo para avaliar o estado físico do solo é fazer um correto diagnóstico da compactação para subsidiar a escolha das práticas de manejo que sejam eficientes e mais duradouras. Na figura 5 é estabelecido uma sequência de ações que podem ser utilizadas desde a execução do diagnóstico até a escolha das melhores práticas de manejo visando o sucesso na correção dos problemas físicos. O diagnóstico da compactação diretamente no campo envolve diferentes estratégias para identificar a presença de camadas compactadas no perfil do solo, tais como o uso de penetrômetros e o método de avaliação visual da estrutura do solo (VESS). O uso de mapas de produtividade das culturas e do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) são fundamentais para auxiliar no diagnóstico. Tanto a penetrometria como o VESS exigem condições de umidade do solo que permitam o correto diagnóstico. Por exemplo, a resistência do solo à penetração (RP) medida pelos penetrômetros é fortemente influenciada pela umidade do solo. Geralmente, a recomendação é que a RP seja medida quando o solo estiver com umidade equivalente à capacidade de campo, o que ocorre horas ou poucos dias após uma chuva ou irrigação que umedeça o perfil a ser amostrado. Em relação ao uso do VESS, segue-se o mesmo critério utilizado para a medida da RP e, preferencialmente, com plantas no campo.

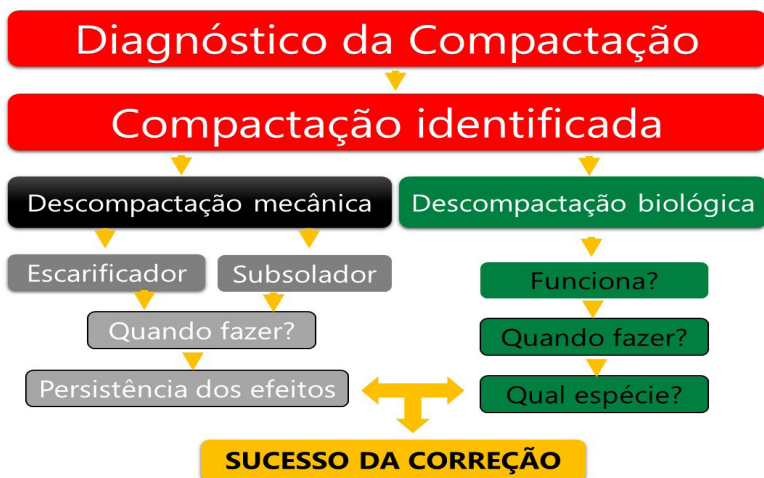


Figura 5. Ilustração de esquema para guiar o usuário na tomada de decisão para estabelecer práticas de correção da compactação. Fonte: Edner Betioli Jr. (não publicado).

A partir da análise dos dados do inventário a campo, deve-se tomar a decisão de quais práticas de manejo serão utilizadas para a correção da compactação. Em geral, práticas mecânicas (subsolagem e escarificação) são práticas corretivas que demandam condições adequadas de umidade do solo, de equipamentos e de diagnóstico para a sua execução. Tanto a subsolagem como a escarificação são muito eficientes para reduzir a compactação; contudo, a duração dos seus efeitos é de curto prazo na maioria das situações. Em geral, focamos na descompactação e não nos preocupamos com a recompactação pelos tráfegos de máquinas subsequentes à descompactação. Detalhes técnicos relativos à profundidade de operação, espaçamento entre hastes, largura de ponteira, influenciam na eficiência operacional destas práticas. Sempre que possível, recomenda-se aliar práticas corretivas (mecânicas) com práticas biológicas (regenerativas da estrutura do solo) para aumentar a estabilidade da nova estrutura criada pelos equipamentos de preparo e prolongar os efeitos da descompactação no solo.

Um adequado manejo físico do solo para o controle da compactação permite que os sistemas radiculares explorem melhor o perfil do solo e conseqüentemente garantam maior tolerância das culturas ao déficit hídrico, reduzindo o comprometimento da produtividade das mesmas. Contudo, a adoção de práticas de revolvimento do solo nem sempre produz os resultados que são esperados na prática. Na tabela 2 são apresentados valores de lâmina de água disponível no perfil do solo sob sistema plantio direto por 18 anos, numa área sob plantio direto que foi revolvida com arado de aiveca para desfazer a compactação e incorporar calcário, seguido de gradagem e, no mesmo solo, sob mata nativa. Manter o sistema de plantio direto sem intervenção proporcionaria maior disponibilidade hídrica no perfil de solo, com valores de lâmina de água próximos ao solo de mata nativa, enquanto a utilização de aiveca e gradagem reduziu a disponibilidade de água.

Tabela 2. Lâmina de água disponível no perfil do solo sob plantio, após revolvimento e sob mata nativa em Montividiu (GO). MN: Mata nativa; PD18: Plantio direto com 18 anos; AG: Área com passagem de aiveca e grade niveladora

Profundidade (cm)	Lâmina de água disponível (mm)		
	MN	PD18	AG
0-10	16,9	22,4	17,6
10-20	23,7	20,1	13,5
20-40	44,2	34,8	29,0
Total	84,8	77,3	60,1

Fonte: Adaptado de Assis et al., 2013.

A maior lâmina de água no perfil do solo no sistema plantio direto deve-se à estabilização da estrutura do solo em profundidade, aumentando a sua disponibilidade hídrica. Neste caso, o uso de uma cultura de cobertura imediatamente ao revolvimento deveria ser priorizado para recuperar o carbono do solo e a estrutura em níveis mais favoráveis para as culturas. Alternativas menos invasivas, como o uso de hastes sulcadoras nas semeadoras são capazes de reduzir a resistência

do solo à penetração nas camadas superficiais (0-15 cm) em até 66%, comparado com o uso de discos (Figura 6), proporcionando aumento da produtividade das culturas, pois aumenta significativamente o volume de solo explorado pelas raízes.

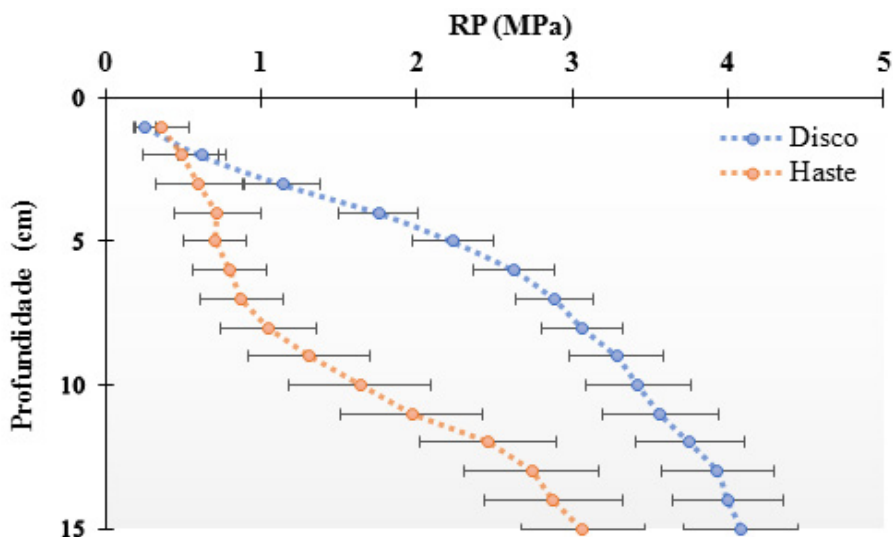


Figura 6. Resistência do solo à penetração nos tratamentos com abertura de sulco de semeadura com discos e hastas sulcadoras. As barras referem-se ao intervalo de confiança da média. Fonte: Adaptado de Ferreira (2018).

Como já salientado, as práticas mecânicas têm caráter corretivo e se houver diagnóstico, não há impedimentos de uso. Contudo, trata-se de práticas de elevado custo e complexa operacionalidade, que devem ser levados em conta na sua implementação. Uma das vantagens do uso de práticas mecânicas é o seu efeito imediato na descompactação; mas atentar a questão de execução sempre que for possível implementar outra prática para estabilização biológica da estrutura, seja em sequência imediata ou no outono/inverno seguinte.

Os modelos atuais de produção têm em comum a baixa diversificação de espécies, que vai na contramão do aumento de produtividade e sustentabilidade do processo produtivo, por conferir,

dentre vários fatores: a baixa inserção de carbono no solo; a baixa cobertura da superfície; menor ciclagem de nutrientes e o restrito leque de substâncias liberadas pelas raízes, que serão a base de inúmeras reações bioquímicas fundamentais para a microbiota do solo e o aporte de nutrientes pelas plantas. As braquiárias, notadamente a braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*), são amplamente utilizadas no período de outono-inverno como opção de diversificação de espécies vegetais na sucessão soja/milho 2^a safra. Os seus benefícios são bem conhecidos e estão relacionados ao aumento da cobertura do solo, redução da infestação de plantas daninhas e melhoria da conservação e qualidade do solo. Contudo, o conhecimento das melhores opções para a inserção destas espécies nos modelos de produção de grãos ainda precisa ser consolidado. Qual a porcentagem da área que deve ser cultivada com braquiária no outono-inverno? A braquiária deve ser cultivada em consórcio ou solteira? Essas são perguntas estratégicas, cujas respostas variam nas diferentes condições de solo e clima. Os resultados de Debiasi et al. (2017), na região Noroeste do Paraná, são exemplos de respostas a estas questões. Neste estudo, os modelos de produção avaliados envolveram a sucessão de culturas e/ou com alternância de espécies vegetais cultivadas no outono-inverno, seguindo ciclos de três anos de duração em sistema de plantio direto.

A análise da produtividade acumulada da soja nas três primeiras safras de avaliação indicou que os modelos com cultivo de braquiária no outono/inverno a cada três safras e/ou em todos os anos proporcionaram as maiores produtividades da cultura da soja (Figura 7).

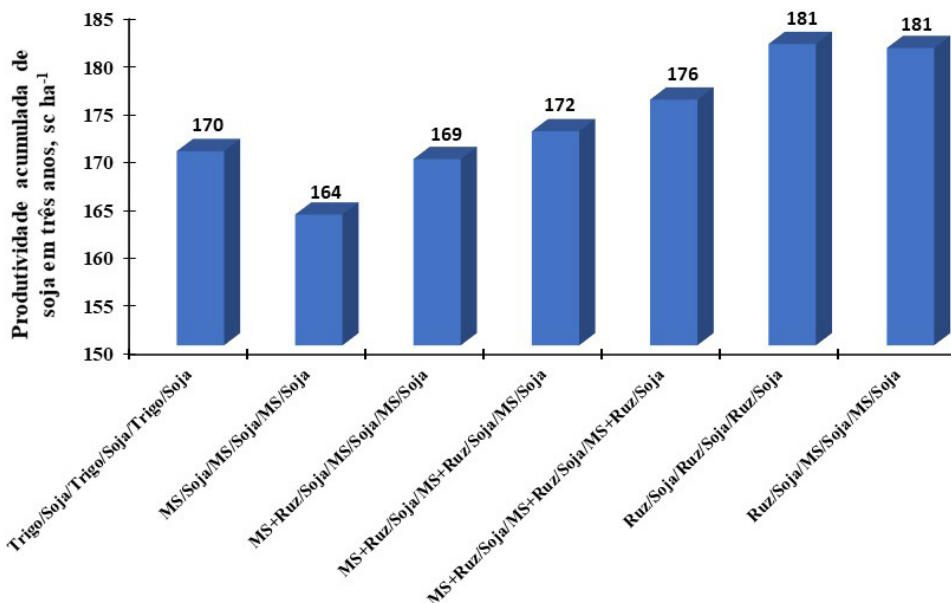


Figura 7. Produtividade de soja acumulada em 3 safras do primeiro ciclo de rotação no outono/inverno. Adaptado de Debiasi et al. (2017). MS = milho safrinha; Ruz = *Urochloa ruziziensis*.

Em relação às sucessões milho safrinha (MS)/soja e trigo/soja, os modelos incluindo o cultivo da braquiária solteira aumentaram a produtividade acumulada da soja em aproximadamente 17 sacas por hectare (11%) e 11 sacas por alqueire (6,5%), respectivamente. Comparando os modelos de produção envolvendo o uso do consórcio milho + braquiária, observa-se que a produtividade acumulada de grãos de soja aumentou à medida que a proporção de área ocupada pelo consórcio na 2ª safra cresceu. Assim, a soja cultivada em sucessão ao milho consorciado com braquiária em todas as safras apresentou produtividade superior à cultivada após o milho solteiro (+ 12 sacas por hectare) e ao trigo (+ 5,4 sacas por hectare). Porém, a produtividade acumulada da soja nos modelos de produção que incluem o consórcio milho + braquiária aumentou em 33% (uma safra a cada três) ou 67% (duas safras a cada três) da área foi similar à sucessão contínua com trigo, e levemente superior à obtida na sucessão MS/Soja.

Em geral, os resultados obtidos nas três primeiras safras de condução do experimento, correspondentes ao 1º ciclo das rotações no outono-inverno, mostraram que a produtividade da soja respondeu de forma positiva e consistente à inclusão da braquiária solteira ou consorciada ao milho no outono-inverno. Os benefícios das braquiárias sobre o desempenho produtivo da soja estão associados, dentre vários fatores, ao efeito do seu abundante e profundo sistema radicular que contribui para melhoria da estrutura do solo mediante à formação e estabilização de bioporos contínuos e estáveis, resultante do efeito mecânico associado à liberação de exsudatos que formam um ambiente favorável ao desenvolvimento dos microrganismos na rizosfera. Como consequência, há a melhoria de diversos processos físicos como a capacidade de infiltração e retenção de água disponível no solo, redução da resistência do solo ao crescimento radicular e incremento da condutividade hidráulica e de ar no solo. Tais mudanças no solo se refletem na formação de um sistema radicular abundante e profundo e no aumento da disponibilidade água, oxigênio e nutrientes para as plantas, o que, por sua vez, contribui significativamente para o aumento da produtividade e da estabilidade de produção das culturas.

Outro aspecto importante que deve ser considerado é o efeito dos modelos de produção na produtividade de grãos do milho 2ª safra. Nas safras 2013 e 2014, em que houve cultivo simultâneo de milho 2ª safra nos modelos MS/soja e Ruz/soja/MS/soja/MS/soja no 1º ciclo de rotação, a produtividade de grãos desta cultura foi pouco influenciada pela diversificação no outono-inverno. Porém, na safra 2016, correspondente ao 2º ano do 2º ciclo de rotação, a produtividade do milho 2ª safra foi maior no modelo envolvendo o cultivo da braquiária solteira no outono-inverno, o que demonstra que o cultivo da braquiária no outono-inverno influenciou positivamente não apenas a soja subsequente, mas também o milho 2ª safra cultivado após a soja. Com a finalização do 1º ciclo de rotação no outono-inverno, ficou evidente que foram necessários três cultivos consecutivos do consórcio milho + braquiária na 2ª safra para que a produtividade da soja atingisse o

mesmo patamar observado nos sistemas envolvendo o cultivo solteiro de braquiária. Assim, estes resultados sugerem que, para as condições edafoclimáticas da área experimental, três cultivos sucessivos do consórcio milho + braquiária equivalem a um cultivo de braquiária solteira na 2ª safra. Uma possível justificativa para essa relação é que a produção de fitomassa da parte aérea e raízes do consórcio milho + braquiária é, na grande maioria das situações, menor do que a obtida com o cultivo solteiro da forrageira (FRANCHINI et al., 2011; SANTOS et al., 2016), implicando em maior tempo para melhorar o solo e, também, outros aspectos do sistema de produção. Ressalta-se ainda que o tempo para recuperar a qualidade do solo depende da condição inicial da área considerada, sendo tanto mais longo quando maior for o nível de degradação inicial.

O uso de técnicas biológicas baseadas em culturas de cobertura tem sido cada vez mais comuns, especialmente para manter a condição física do solo em níveis suficientes para o adequado crescimento das raízes no perfil. A Tabela 3 mostra os efeitos da escarificação mecânica e da escarificação biológica com nabo forrageiro + aveia preta sobre a produtividade de culturas, produção de biomassa de resíduos e de raízes, bem como no total de biomassa adicionada ao solo.

Os resultados mostrados na tabela 3 sugerem que a escarificação biológica manteve melhor qualidade do solo ao longo da sequência de culturas avaliadas, permitindo ganhos de produtividade e retorno de biomassa na superfície e no interior do perfil do solo. A biomassa na superfície atenua problemas térmicos, impede a erosão e a evaporação de água das camadas superficiais, permitindo melhores condições físicas, químicas e biológicas no solo para as culturas. A biomassa de raízes no solo propicia a efetiva adição de C no solo, redistribui nutrientes, redistribui a atividade biológica e cria os bioporos necessários para a funcionalidade física do perfil.

Tabela 3. Efeito de descompactação mecânica ou biológica na produtividade de diferentes culturas, na produção de matéria seca da parte aérea e de raízes e no total de biomassa adicionada ao solo

Tratamentos	Milho	Trigo	Soja	Aveia Preta	Soja	Aveia Preta	Milho	Input de Biomassa	
	Verão 2009/2010	Inverno 2010	Verão 2010/2011	Inverno 2011	Verão 2011/2012	Inverno 2012	Verão 2012/2013	Cumulativo	Anual
Produtividade de grãos, kg ha ⁻¹									
Escarificação mecânica	10844	3469	3286	0	3336	0	10347	31282	-
Plantio direto contínuo	11392	3492	3212	0	3260	0	11618	32974	-
Escarificação biológica	11179	3796	3521	0	3820	0	12028	34344	-
Matéria seca da parte aérea, kg ha ⁻¹									
Escarificação mecânica	11929	3295	2925	3758	2969	3770	11382	40027	10007
Plantio direto contínuo	12532	3317	2859	4070	2901	4148	12780	42606	10651
Escarificação biológica	12297	3606	3134	4323	3400	4410	13230	44400	11100
Matéria seca de raízes, kg ha ⁻¹									
Escarificação mecânica	2711	494	585	864	680	867	2587	8789	2197
Plantio direto contínuo	2848	498	572	936	665	954	2904	9377	2344
Escarificação biológica	2795	541	627	994	779	1014	3007	9757	2439
Total de biomassa adicionada ao solo, kg ha ⁻¹									
Escarificação mecânica	6559	1705	1239	1997	1288	2003	6258	21049	5262
Plantio direto contínuo	6890	1717	1211	2163	1259	2204	7027	22469	5617
Escarificação biológica	6761	1866	1327	2297	1475	2343	7274	23344	5836

Fonte: Adaptado de Inagaki et al., 2021.

Sistemas de produção com diversificação de culturas definitivamente contribuem para a melhoria da qualidade física do solo em sistema de plantio direto. Um experimento de longa duração conduzido na Fundação MT, em Itiquira (MT), composto por diferentes sistemas de culturas (Tabela 4) foi testado para avaliar como os sistemas de produção afeta a qualidade física do solo. Dentre os tratamentos testados estão três sucessões de cultura entre soja e milho, milheto e braquiária e outros três tratamentos avaliando rotações de culturas com braquiária, sendo que o CR-2 é um tratamento com ciclo de rotação bianual, enquanto os CR-3 e CR3-D são rotações de cultura em que a braquiária é cultivada por 18 meses e 6 meses, respectivamente. O estudo detalhado sobre a qualidade física do solo nestes sistemas de produção foi conduzido após 9 safras do início do experimento (ANGHINONI, 2019), e os dados obtidos são apresentados a seguir.

Tabela 4. Esquemas de rotação e sucessão de culturas em sistemas de produção de soja. Compõe os tratamentos: sucessão das culturas da soja e milho (CSMa); sucessão soja e milheto (CSMe); sucessão soja e braquiária (CSBr); ciclo de rotação bianual (CR2), soja/crotalária com braquiária cultivada por 18 meses (CR3); soja/crotalária com milho verão + braquiária por seis meses seguido por soja/milheto (CR3D).

Tratamentos	Ano 1	Ano 2	Ano 3
CSMa	Soja/Milho	Soja/Milho	Soja/Milho
CSMe	Soja/Milheto	Soja/Milheto	Soja/Milheto
CSBr	Soja/Braquiária	Soja/Braquiária	Soja/Braquiária
CR2	Soja/Crotalária	Milho verão+Braquiária	--
CR3	Soja/ Milho+Braquiária	Braquiária	Soja/Crotalária
CR3D	Soja/Crotalária	Milho verão+Braquiária	Soja/Milheto

Soja: *Glycine max* (L.) Merril; Milho: *Zea mays*; Milheto: *Pennisetum glaucum*; Braquiária: *Urochloa ruziziensis* e Crotalária: *Crotalaria ochroleuca*. Fonte: Anghinoni, G. (2019).

Na figura 8 são apresentados os resultados de disponibilidade de água no perfil do solo até 40 cm de profundidade. Os resultados indicam que duas principais modificações na disponibilidade de água foram determinadas pelos tratamentos: a) os sistemas de produção com rotações de culturas promoveram considerável incremento na disponibilidade hídrica na camada de 20–40 cm de profundidade do solo em comparação com as sucessões, sugerindo que nem mesmo o efeito da braquiária cultivada em sucessão de culturas na disponibilidade hídrica do solo supera o efeito de sistemas diversificados nas camadas mais profundas. Contudo, a utilização da braquiária promove melhorias na disponibilidade de água comparada com a sucessão soja-milho; b) a sucessão soja-milho safrinha demonstrou, após 9 anos de cultivo, ser menos eficiente em promover boa disponibilidade hídrica em superfície quando comparada aos demais sistemas de produção. Este resultado foi fortemente influenciado pela maior resistência do solo à penetração nas camadas superficiais, impedindo o acesso da água armazenada pela planta. Além disso, a reduzida aeração neste sistema de produção também impôs restrições ao crescimento radicular devido a maior densidade e menor macroporosidade.

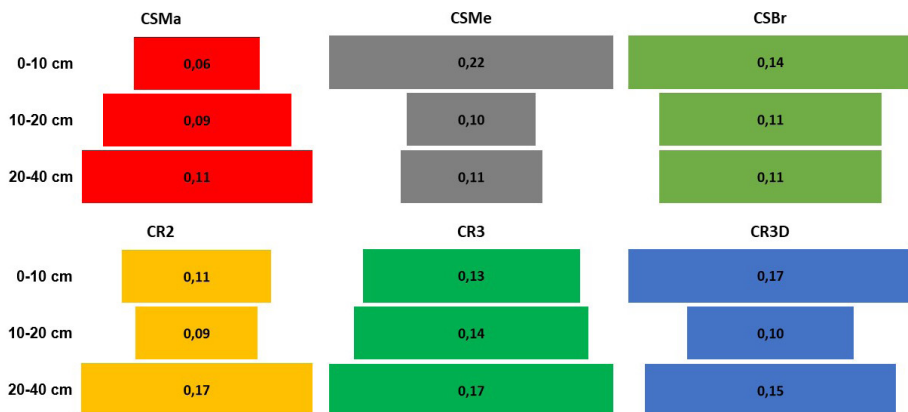


Figura 8. Água disponível medida pelo Intervalo Hídrico Ótimo (IHO; $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) em três camadas de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de produção de grãos. Fonte: Anghinoni (2019).

Os resultados deste experimento sugerem que, de maneira geral, a diversidade de culturas é crucial para que as raízes tenham condições de desenvolverem-se em camadas mais profundas no perfil do solo, e que a sucessão de culturas, principalmente, quando há tráfego mais intenso, como no sistema soja/milho safrinh pode impor restrições ao acesso de água e nutrientes no perfil do solo. Além da disponibilidade de água, os tratamentos alteraram significativamente a permeabilidade do solo ao ar (K_a), figura 9, a qual é influenciada diretamente pela continuidade e conectividade de poros. O índice de continuidade de poros (K_1) também é um indicador dos efeitos dos tratamentos. Os resultados indicam que sistemas de produção em rotação de culturas com braquiária promovem melhores condições para o fluxo de ar na camada mais profunda (20-40 cm) por meio do aumento da conectividade de poros causada pelo maior crescimento de raízes na camada.

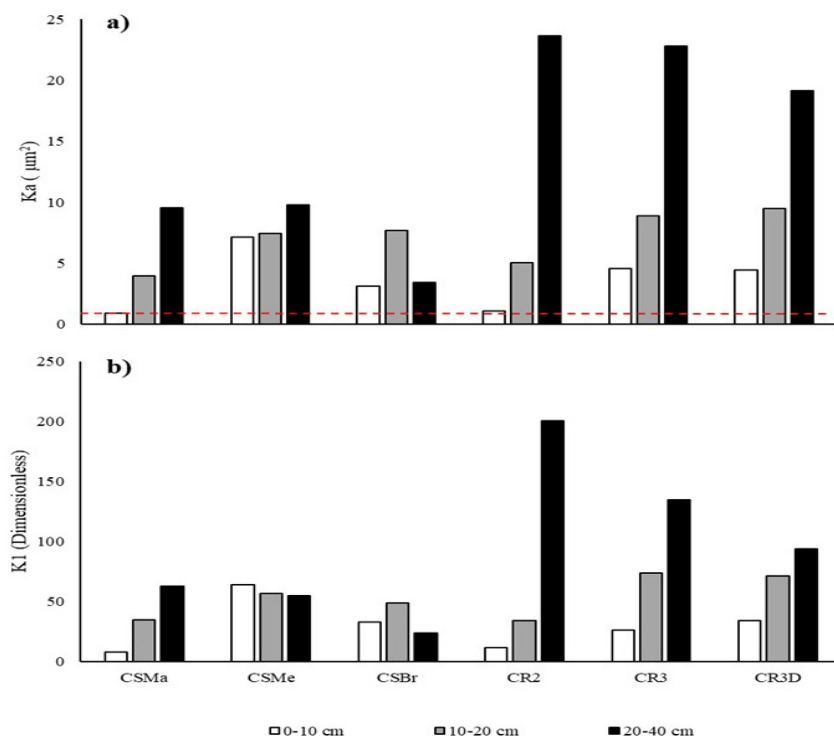


Figura 9. Permeabilidade do solo ar (K_a ; a) e índice de continuidade de poros (K_1 , b) de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de produção de soja. A linha vermelha e tracejada indica o limite inferior crítico de K_a . Fonte: Anghinoni (2019).

Os maiores valores de K_a nos sistemas com rotação de culturas demonstram a importância dos canais gerados pelas raízes de culturas de cobertura, como a braquiária, para a formação de canais profundos que permitem (i) maior acesso das raízes das culturas de interesse econômico às camadas mais profundas e (ii) maior aeração em zonas profundas do solo, onde geralmente há escassez do oxigênio necessário para o processo de respiração radicular. De maneira geral, pode-se concluir que a diversidade de culturas, bem como a utilização de culturas com sistema radicular agressivo, melhoram as condições físicas ao longo do perfil do solo por meio do aumento da disponibilidade de água e por meio da facilitação do acesso à água armazenada.

A figura 10 representa um resumo dos resultados encontrados no estudo sobre sistemas de produção de grãos conduzido por Anghinoni et al. (2021). Os ganhos são mais amplos do que na qualidade do solo, abrangendo a produtividade, a qualidade nutricional dos grãos e rentabilidade financeira do produtor.



Figura 10. Efeito da diversidade de culturas no sistema de produção de grãos em aspectos relacionados à sustentabilidade dos sistemas diversificados de produção de grãos no Cerrado. Fonte: Anghinoni et al. (2021).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção do perfil de solo envolvendo aspectos físicos envolve também o manejo dos componentes químicos e biológicos do solo. A criação de bioporos contínuos e estáveis e a deposição de carbono no perfil do solo demandam adequado manejo da fertilidade do solo, especialmente em relação ao fornecimento de cálcio e neutralização do alumínio em profundidade. É inegável o papel do carbono e da diversidade de espécies vegetais para a recuperar a diversidade e estabilidade biológica do solo, os quais são fundamentais para o desenvolvimento de estrutura funcional estável no solo. O conhecimento científico que foi desenvolvido no Brasil nos dá o suporte necessário para o planejamento de sistemas sustentáveis de produção, com habilidade para que as culturas explorem o perfil do solo e aumentem a segurança para produzir em clima tropical e subtropical. Portanto, mãos à obra.

REFERÊNCIAS

ANGHINONI, G. **Qualidade do solo em sistemas de produção de soja no cerrado mato-grossense**. 2019. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2019.

ANGHINONI, G.; ANGHINONI, F. B. G.; TORMENA, C. A.; BRACCINI, A. L.; MENDES, I. C.; ZANCANARO, L.; LAL, R. Conservation agriculture strengthen sustainability of Brazilian grain production and food security. **Land Use Policy**, Amsterdã, v. 108, e105591, 2021.

ASSIS, R. L.; TORMENA, C. A.; BRAZ, L. B. P.; TORREZAN, L. F. N.; CARNELUTTI FILHO, A.; FERREIRA, C. J. B. **Efeito do revolvimento e de sistemas de manejo na qualidade física do solo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34. 2013, **Anais [...]** Florianópolis, 2013. CD-ROM.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C. Improvement of soybean resilience to drought through deep root system in Brazil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 109, p. 1612-1622, 2017.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; BETIOLI JUNIOR, E.; NUNES, E. S.; FURLANETTO, R. H.; MENDES, M. R. P. **Alternativas para diversificação de sistemas de produção envolvendo a soja no norte do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 55 p. (Embrapa Soja. Documentos, 398).

FERREIRA, C. J. B. **Compactação do solo sob sistema plantio direto: impactos e alternativas para sua mitigação**. 2018. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.

FERREIRA, C. J. B.; MORAES FILHO, G. M.; PAIVAFILHO, S. V.; SILVA, A. G.; TORMENA, C. A.; SEVERIANO, E. C. Compactação do solo no cultivo de milho safrinha no Cerrado. In: SEMINÁRIO DE MILHO SAFRINHA, 15. Jataí. **Anais [...]** Jataí/UFG, 2019. 388 p.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M. da; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 50 p. (Embrapa Soja. Documentos, 327).

INAGAKI, T. M.; SÁ, J. C. M.; TORMENA, C. A.; DRANSKI, A.; MUCHALAK, A.; BRIEDIS, C.; FERREIRA, A. O.; GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P. Mechanical and biological chiseling impacts on soil organic C stocks, root growth, and crop yield in a long-term no-till system. **Soil and Tillage Research**, Amsterdã, v. 211, e104993, 2021.

JAMALI, H.; NACHIMUTHU, G.; PALMER, B.; HODGSON, D.; HUNDT, A.; NUNN, C.; BRAUNACK, M. Soil compaction in a new light: Know the cost of doing nothing - A cotton case study. **Soil and Tillage Research**, Amsterdã, v. 213, e105158, 2021.

KRAMER, L. F. **Indicadores qualitativos e quantitativos para a avaliação da qualidade física de Latossolos do Paraná**. 2016. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

SANTOS, A. L. F. dos; MECCHI, I. A.; RIBEIRO, L. M.; FACHINELLI, R.; LEITE, E. M.; CECCON, G. Produtividade do milho safrinha em função de anos consecutivos de consórcio milho-braquiária. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO: MILHO E SORGO: INOVAÇÕES, MERCADOS E SEGURANÇA ALIMENTAR. **Anais [...]** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016.

SILVA, L. C. M.; AVANZI, J. C.; PEIXOTO, D. S.; MERLO, M. N.; BORGHI, E.; VILELA, A. R.; ACUNA-GUZMAN, S. F.; SILVA, B. M. Ecological intensification of cropping systems enhances soil functions, mitigates soil erosion, and promotes crop resilience to dry spells in the Brazilian Cerrado. **Intern. Soil Water Conserv. Res.** DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.06.006>.

SILVA, L. M.; FIDALSKI, J.; BERTOL, O. J. Disponibilidade de água em uma catena característica do Arenito Caiuá no Noroeste do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO; SOLOS NOS BIOMAS BRASILEIROS; SUSTENTABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 31. **Anais [...]** Uberlândia, 2010. CD-ROM.

VI. O QUE PODERÁ ACONTECER COM A AGRICULTURA NOS PRÓXIMOS 20 ANOS?

Tsen Chung **Kang** ⁽¹⁾

RESUMO

O mundo passa por uma grande revolução tecnológica liderada pela internet, IoT (Internet das Coisas), inteligência artificial e genômica. O avanço destas tecnologias está provocando profundas mudanças em algumas das principais áreas da sociedade, como na economia, na política, nas relações de trabalho e nas questões ambientais. Neste texto são exploradas algumas destas mudanças que já ocorrem em outros mercados, como por exemplo, na área de telecomunicações, comércio eletrônico, automotivo, saúde e serão trazidas para a realidade agrícola, buscando uma visão de como estas tecnologias podem impactar e redesenhar os paradigmas e modelos de organização da agricultura brasileira.

Palavras-chave: modernização da agricultura, tecnologias da informação, biotecnologia, estrutura produtiva, automação.

1. AS TRÊS TECNOLOGIAS QUE VÃO MUDAR A AGRICULTURA

As tecnologias chave que terão forte impactos na agricultura nos próximos 20 anos são as Tecnologias da Informação (processamento e armazenamento de dados), Genômica e Fermentação de Precisão.

⁽¹⁾ Professor da Fatec Shunji Nishimura (Centro Paulo Souza), Doutorado em Engenharia da Computação na Carnegie Mellon University. Diretor de Pesquisas de Novos Negócios do Grupo Jacto. tsen@jacto.com.br

Nas figuras 1A e B está representada a queda dos custos que vem ocorrendo nestas três áreas tecnológicas:

- A primeira curva mostra a queda de custos do poder de processamento de computadores dado em Dólares por GigaFlops. Este custo vem caindo desde a década de 60, seguindo a famosa “Lei de Moore”, que “O poder computacional dobra a cada ano e meio”.

- A segunda curva mostra a queda dos custos de armazenamento de dados em Dólares por GigaBites. Ela segue uma tendência de queda semelhante a queda de custos do poder de processamento de dados.

- A terceira curva mostra a queda de custos para realizar o sequenciamento genômico de uma pessoa. A queda nesta curva é ainda mais impressionante. O primeiro sequenciamento de DNA humano foi concluído em 2001, através do Projeto Genoma Humano, envolveu milhares de pesquisadores, levou 10 anos para ser realizado e custou bilhões de dólares. Desde então, houve uma revolução tecnológica na genômica, e hoje é possível realizar o mesmo mapeamento por algumas centenas de dólares.

- A quarta curva é da biotecnologia, também conhecida como Fermentação de Precisão. É a técnica de usar fungos e bactérias para produzir proteínas. Esta técnica tem já milhares de anos, desde que o homem aprendeu a fabricar pães, queijos e vinhos. No entanto, com as novas técnicas de genômica e edição gênica, a Fermentação de Precisão vem revolucionando a medicina, a indústria de cosméticos, a indústria de materiais, e poderá revolucionar a indústria de alimentos, pois as bactérias e os fungos são talvez a maneira mais eficiente que a natureza proporciona para a produção de proteínas complexas.

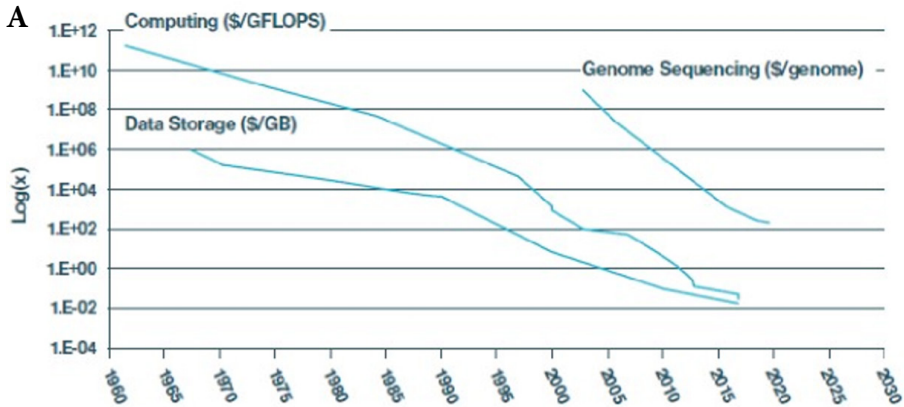
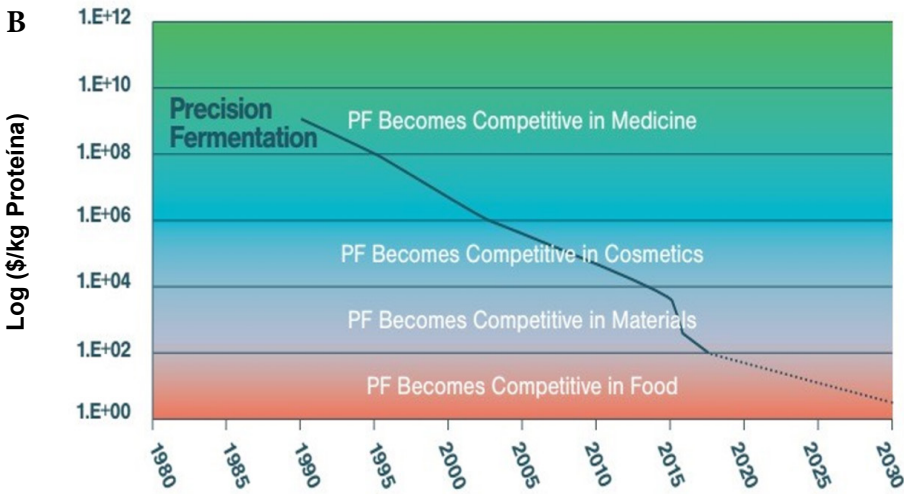


Figura 1. Custos do poder de processamento dos computadores, armazenamento de dados e do sequenciamento genômico, no período de 1960 a 2030. Fonte: Tubb e Seba (2021).



Source: RethinkX

Figura 1. Custos da biotecnologia (PF = Precision Fermentation), no período de 1980 a 2030, e as faixas de valores que a torna competitiva na medicina, nas indústrias de cosméticos, materiais e alimentos. Fonte: Tubb e Seba (2021).

2. A AGRICULTURA E OS MODELOS DE ORGANIZAÇÃO NO NOVO CENÁRIO GLOBAL

Para se entender o que irá acontecer com a agricultura brasileira nos próximos 20 anos, é preciso primeiramente compreender o que já está acontecendo no mundo em quatro áreas-chave da sociedade global, que são: economia, política, relações de trabalho e questões ambientais.

Várias propostas têm surgido ao longo dos últimos anos, liderada por “Think Tanks” como o World Economic Forum (Environmental Social and Governance) (WEF, 2019), Oxford (MEYER e ROCHE, 2021), Harvard (REITBLAT et al., 2021), Conscious Capitalism Institute (MACKEY e SISODIA, 2014), Triplice-Hélice da inovação (PIQUE et al., 2018), entre outras.

Mas o que está por trás destas propostas? Qual é a grande “dor comum” que todas elas tentam resolver?

A resposta é uma só: “O esgotamento do modelo econômico capitalista liderado por John Maynard Keynes e depois por Milton Friedman.

Para entender melhor porque se vive este esgotamento, é preciso estudar os grandes movimentos econômicos ao longo dos 6.000 anos da história da humanidade, mostrada na figura 2, conforme nos é relatado no livro “Powershift” de Alvin Toffler (TOFFLER, 1991):



Figura 2. As quatro etapas de mudança de poder na história da humanidade. Fonte: Do próprio autor.

Nos primórdios da civilização humana todos povos eram nômades vivendo de extrativismo e coleta. Viviam em sociedades tribais compostas de 100 a 300 pessoas, muito parecidos com alguns povos indígenas que hoje ainda habitam em regiões remotas da floresta amazônica.

A primeira grande revolução tecnológica que trouxe mudanças políticas, econômicas e sociais na história da humanidade foi a agricultura. Passou-se de uma sociedade de caça e coleta para a economia agrícola (cerca de 4.000 A.C.). Dominar as tecnologias de qual sementes usar, como plantar, como irrigar, em que época plantar, com qual espaçamento, como cultivar o solo, como tratar pragas foi essencial para o surgimento das sociedades agrícolas. Estas tecnologias proporcionaram profundas transformações na sociedade como pode ser visto abaixo:

a) Social: A agricultura permitiu uma reforma social, pois com as técnicas agrícolas, pessoas poderiam se fixar à terra, saindo de um modo de vida nômade-tribal, e criando cidades e civilizações com novas estruturas mais complexas de sociedades e comunidades com milhares de pessoas;

b) Política: A terra passa a ser um importante instrumento de poder. Aqueles que detinham a terra, controlavam o principal insumo de produção agrícola, juntamente com os recursos hídricos. Foi assim que nasceram as primeiras grandes civilizações às margens do rio Nilo e do fértil crescente. As cidades seriam fortificadas, para proteger a terra e as nascentes de águas, e com isso surgem os primeiros reinos da civilização humana. Com a evolução da sociedade agrícola surgem também os grandes impérios (integração de reinos) como o império Babilônico, Persa, Grego e Romano.

A dominação dos impérios nas civilizações antigas era militar e territorial. O povo subjugado pagava tributos ao imperador.

c) Economia: A economia em uma civilização agrícola é ainda bastante incipiente, mas já aparecem as primeiras formas de moedas, para facilitar o escambo de produtos, que era feito a partir de feiras

locais. Em algumas situações já existe a consolidação de algumas rotas comerciais, como por exemplo a rota do trigo do Egito para Roma, mas no geral, as economias eram basicamente locais, para a produção e o consumo local.

A segunda grande transição tecnológica aconteceu por volta do século 14 (1.300 a 1.400), durante o período conhecido como o Renascimento. O mundo feudal está em declínio, e o comércio italiano liderado por Gênova e Florença permite a concentração de capital, que seria utilizado para investir em novas tecnologias de navegação, que mudaria toda a lógica do comércio internacional, e posteriormente proporcionariam as condições para a revolução industrial (Por exemplo: máquinas à vapor, motores de combustão, domínio dos materiais, eletricidade etc.).

A sociedade industrial se transforma novamente, através das três áreas principais:

a) Social: O comércio permite uma grande concentração de riquezas e o capital passa a ser o principal ativo de produtividade econômica e não mais a propriedade da terra. Isso traz profundas mudanças nas estruturas sociais, como por exemplo o fim da prática da escravidão, pois o interesse maior agora seria de formar mercados consumidores, e escravos não seriam consumidores.

As relações trabalhistas também mudam, de um sistema feudal de vassalos (mão de obra) e senhores de terras, para patrões (detentores do capital) e empregados (detentores da mão de obra do trabalho).

a) Política: Saiu-se de um sistema político dominado por reis apontados divinamente, para um sistema político baseado em ideias e ideologias, chegando aos sistemas democráticos do século 20. A principal fonte de poder neste período seria o capital, pois através do capital, é possível organizar as cadeias produtivas que geram valor para a sociedade.

c) Economia: Com o aumento do comércio mundial, o mundo passa por um processo de grande aceleração econômica, onde algumas localidades tornam-se especializadas na produção de algumas matérias-primas, e outras localidades tornam-se especializadas em processar e transformar as matérias-primas em produtos finais para levar aos mercados consumidores, principalmente na Europa. Este processo, também conhecido como a relação colônia-metrópole, mais tarde se consolidou como o processo de Cadeia de Fornecedores (Supply-Chain).

Está se passando pela terceira revolução tecnológica, também conhecida como a revolução digital. As tecnologias digitais lideradas pelo advento da internet, estão transformando novamente a sociedade humana. Com a internet, o conhecimento está disponível para as pessoas, a custo praticamente zero.

Enquanto na era industrial o conhecimento era algo raro e caro, acessível apenas para pessoas que tinham acesso ao capital, na era do conhecimento, ele está disponível a todas as pessoas, com ou sem capital.

A grande questão da era do conhecimento não é ter acesso ao conhecimento, mas sim como utilizar o conhecimento disponível para a resolução dos problemas da sociedade. Isto pode ser ilustrado pelo fenômeno das startups, que podem ser descritos como agrupamentos de talentos, tecnologias e capital, para a solução de problemas da sociedade.

Mas como serão as características desta sociedade do conhecimento?

a) Social: Uma grande mudança que deve ocorrer na sociedade é que uma boa parte da força de trabalho deixa de buscar apenas atender suas necessidades fisiológicas e de segurança, e passam a buscar níveis superiores da pirâmide de necessidades de Maslow (relacionamento, estima e realização). Isso ocorre porque com o acesso ao maior volume de conhecimento e informação, crescem as demandas e as expectativas

das pessoas em relação ao seu papel no mundo e ao seu futuro. Isso acaba provocando mudanças nas relações de trabalho, como por exemplo a adoção de modelos de gestão ágil no lugar de estruturas hierárquicas de gestão. Isto vem trazendo impactos profundos em muitas cadeias de produção, como na informática, telecomunicação, mercados financeiros, e certamente deve chegar às organizações agrícolas.

a) Política: Na era do conhecimento o poder estará nas mãos de quem consegue gerar soluções para os problemas da sociedade. Isso sempre foi verdade em todas as épocas. Porém, os instrumentos essenciais para gerar estas soluções é que mudaram ao longo do tempo, passando pela terra em sociedades agrícolas, pelo capital em sociedades industriais, chegando aos talentos (pessoas), na sociedade do conhecimento. Estas soluções poderão ser geradas através de parcerias público-privadas exemplificadas na Quádrupla-Hélice da Inovação (academia, governo, empresas privadas e sociedade civil organizada), onde as melhores cabeças destas quatro áreas estarão reunidas para encontrar as soluções para os problemas da sociedade.

c) Economia: Uma das grandes buscas dos economistas na era do conhecimento será a mudança do paradigma exploratório existente hoje entre empresas e empresários. Isto é refletido nas discussões sobre novos modelos econômicos como ESG (Environmental, Social and Governance), Capitalismo Consciente e Economia de Mutualidade. Pode-se resumir esta questão com uma simples pergunta. Qual é o nível ideal de rentabilidade de um negócio? A resposta da maioria dos empresários será: “O máximo possível!” (MEYER e ROCHE, 2021). Esta resposta demonstra o pensamento exploratório existente hoje nas empresas e organizações. O objetivo das organizações é maximizar o seu ganho financeiro, em detrimento dos outros elos da cadeia. É um modelo econômico popularizado por economistas como John Maynard Keynes e Milton Friedman. Apesar de suas diferenças de pontos de vistas em relação ao papel do governo, os dois partem do mesmo princípio, que as empresas são exploratórias (buscam seu ótimo local), e que é papel do governo regulamentar e organizar os mercados, em busca do bem comum (ótimo global).

A figura 3 mostra os três níveis de empreendedorismo possíveis em uma sociedade, o exploratório, o ético e o redentivo. A pergunta que os economistas querem responder, é como sair do nível exploratório em direção aos níveis ético-redentivos?

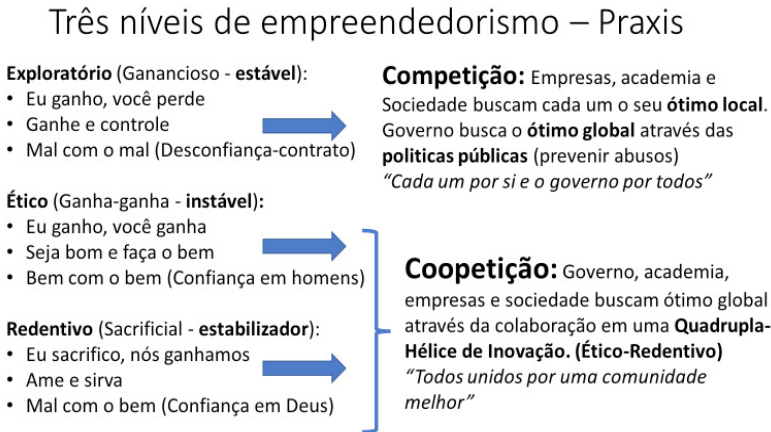


Figura 3. Modelo da aceleradora Praxis (BLANCHARD et al., 2021) para os 3 níveis de empreendedorismo, saindo de um paradigma Exploratório (Competição) para um paradigma Ético-Redentivo (Coopetição).



Figura 4. O modelo clássico de Competição (Exploratório), é um modelo de “Alto atrito” entre os vários elos da cadeia. “De manhã estou brigando para aumentar o meu preço, e a tarde estou brigando para baixar o preço do meu fornecedor”. Fonte: Kang, T. C.

Modelo Ético-Redentivo-Digital – Coopetição – Baixo Atrito

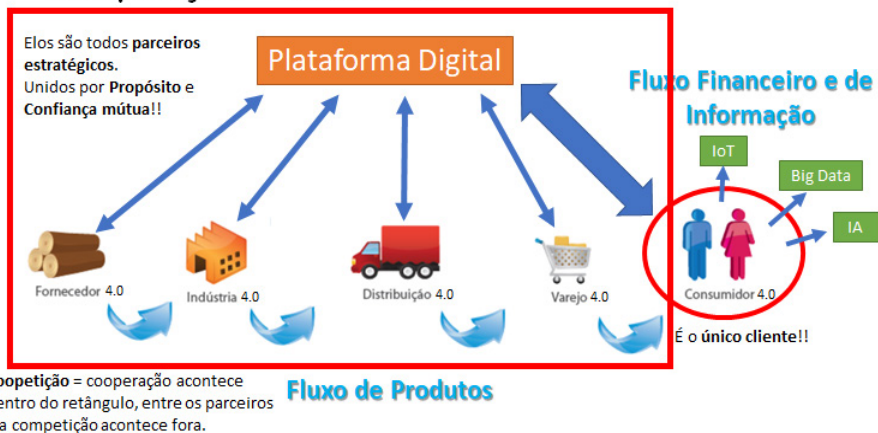


Figura 5. O modelo proposto de Coopetição (Ético-Redentivo-Digital) é um modelo de baixo atrito, pois fortalece a colaboração entre os vários elos da cadeia, formando um paradigma de Coopetição. Fonte: Kang, T. C.

2.1. E como a agricultura será impactada por estes modelos de Coopetição?

Entende-se que a agricultura será uma das áreas mais favorecidas pelos novos modelos de Coopetição, porque o cooperativismo é um movimento muito forte nas sociedades agrícolas. As razões são históricas e práticas. Existe um ditado na agricultura de que “praga não respeita cercas”, a erosão em microbacias também não e as doenças também não tem cercas. Existe este senso comum na agricultura que todos estão no mesmo barco, e portanto, se um agricultor não cuida bem da sua propriedade, pode prejudicar todos os seus vizinhos. Isso acaba gerando um senso de comunidade e de codependência que favorece o cooperativismo e os modelos de Coopetição.

3. PERSPECTIVAS DE ALTERAÇÃO DA ESTRUTURA PRODUTIVA

Para responder as perspectivas de alteração da estrutura produtiva (dentro e fora da porteira), incluindo os novos arranjos para o desenvolvimento e difusão de tecnologias e o acesso do produtor as novas técnicas e insumos (cada vez mais verticalizado), deve-se entender como ocorreu a evolução da tecnologia agrícola ao longo da história da humanidade, e particularmente nos últimos 120 anos.

Desde que as técnicas agrícolas foram inventadas nos primórdios da civilização humana, no Egito e na Babilônia, elas foram durante milhares de anos sendo difundidas e transmitidas de pais para filhos, de uma geração para a próxima geração. É o que se chama de agricultura tradicional, pois o conhecimento era transmitido através das gerações, como as tradições de um povo. Foram milhares de anos de experiência e de conhecimentos sendo acumulados ao longo da história, sobre as características de uma região, tais como clima, solo, regime de chuvas, quais culturas se adaptavam ou não a certos lugares, qual semente utilizar, qual o espaçamento ideal da cultura, como tratar as pragas que assolavam certas regiões, como operar uma junta de bois e outros conhecimentos tão necessários para o desenvolvimento da agricultura em uma civilização.

A agricultura tradicional foi a maneira como o conhecimento foi transmitido por milhares de anos, mas nos últimos 120 anos houve uma grande mudança na agricultura, pois saiu-se da agricultura tradicional, para uma agricultura moderna, onde os métodos científicos passaram a dominar a agricultura mundial, focados especialmente nos campos da física, química e biologia. Dali surgiram as grandes empresas fornecedoras de tecnologias agrícolas, particularmente na área de tratores e implementos agrícolas, agroquímicas fornecendo insumos químicos e empresas de melhoramento genético fornecendo sementes.

A grande mudança conceitual ocorrida nos últimos 120 anos, é que agricultor que antes produzia tudo o que ele utilizava na sua produção dentro da sua própria fazenda, passou a comprar máquinas, insumos químicos e sementes de grandes empresas fornecedores, e o agricultor passou a ser chamado de produtor rural, pois o seu papel principal agora é o de cuidar da produção agrícola comprando os insumos e maquinários de seus fornecedores.

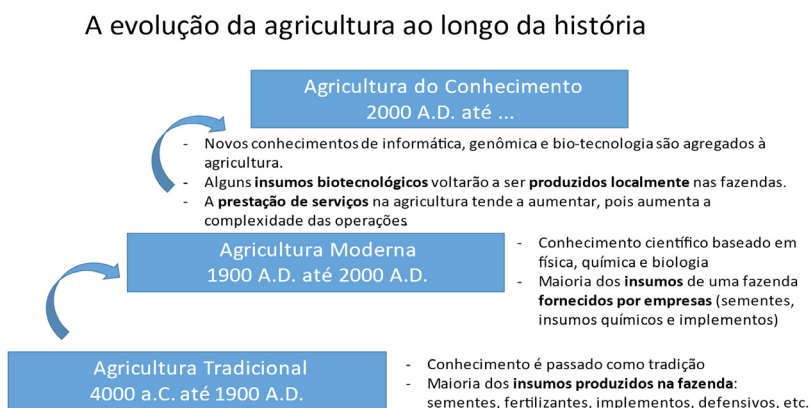


Figura 6. As principais características da agricultura do conhecimento.

Na agricultura do conhecimento, novas áreas do conhecimento humano passam a contribuir para a agricultura. Pode-se destacar as três áreas mostradas no item 2, Tecnologia da Informação, Genômica e Biotecnologia.

Assim como as tecnologias da física, química e biologia mudaram radicalmente os modelos de produção agrícolas, indo de fazendas que eram praticamente autossuficientes, para modelos de produção onde a fazenda compra seus insumos e equipamentos para fazer a sua produção, as tecnologias de informação na agricultura provocarão mudanças profundas nas cadeias agrícolas.

As Tecnologias de Informação (TI) serão fornecidas na forma de serviços. Informações sobre pragas e doenças fornecidas por sistemas de monitoramento por satélite, ou informações de produtividade, fornecidas para o fazendeiro através de aplicativos SaaS, serão importantes para fazendeiros do mundo inteiro. Porém, devido à grande complexidade destas operações, os fazendeiros irão contratar estes serviços de empresas especializadas, da mesma forma que hoje compra insumos de um fornecedor de agroquímicos.

Esta será uma tendência natural, pois dificilmente um fazendeiro irá contratar uma equipe de desenvolvedores, para fazer análise das imagens de satélite da sua fazenda. Será mais prático contratar o serviço de um terceiro especializado.

O mesmo fenômeno deverá ocorrer com as tecnologias advindas da genômica. Uma análise de solos utilizando a genômica permite por exemplo identificar a microbiota do solo. Porém, dificilmente um fazendeiro terá um laboratório de genômica para realizar estas análises. É mais provável que o laboratório de solo que hoje já analisa as características físico-químicas do solo, realize também as análises de meta-genômica (identificar a microbiota) do solo, prestando este serviço.

Uma mudança interessante que pode ocorrer na agricultura é o retorno da produção de alguns insumos, particularmente aqueles baseados em biotecnologia, como fungicidas biológicos, acaricidas biológicos, indutores de crescimento biológicos etc.

A biotecnologia é a utilização de fungos e bactérias para a produção de insumos biológicos para a agricultura. Alguns processos biotecnológicos podem ser extremamente simples, pois os processos em muitos casos são semelhantes aos de microcervejarias. Isto pode viabilizar a produção de bioinsumos nas fazendas, que do ponto de vista de logística e produtividade, pode trazer ganhos significativos.

4. CULTURA DIGITAL PARA TODOS

A cultura digital será para todos? A resposta é sim. E não é uma questão de futuro, mas do presente. Mais de 90% dos produtores rurais brasileiros já utilizam a ferramenta do telefone celular. Isso significa que eles já estão na cultura digital. Muitos talvez usem ferramentas como WhatsApp, Facebook e Instagram. Mas quase todos já usam estas ferramentas digitais, no dia a dia dos negócios da fazenda, seja para comunicar-se com a cooperativa na compra de insumos e na venda de grãos, para controlar as atividades operacionais da fazenda ou para entender os preços de commodities na hora de tomar decisões de venda.

Portanto, as três funções essenciais do digital já estão presentes na vida dos agricultores, que são:

- Fornecer dados das operações de campo;
- Transformar os dados em informações relevantes para tomada de decisão;
- Ajudar na tomada de decisão, e enviar para o campo as decisões tomadas para que sejam implementadas.

O que vai acontecer no futuro, é a ampliação da gama de ofertas em cada uma das três funções essenciais, por exemplo, no fornecimento de imagens de satélites (fornecimento de dados), hoje dispõe-se de imagens semanais do Sentinel. Com os satélites de baixa órbita disponíveis (ex.: Planet), é possível ter imagens diárias com resoluções ainda maiores que as do Sentinel.

No entanto, dificilmente um fazendeiro terá uma equipe analisando diretamente as imagens destes satélites de baixa órbita, mas ele pode contratar um serviço de monitoramento de pragas por imagem de satélites de uma empresa especializada (fornecimento de informações para tomada de decisão), que vai avisar quando uma determinada doença está próxima da região de uma fazenda, e avisar o fazendeiro do fato, além de recomendar algumas ações que poderiam minimizar os efeitos da praga naquela fazenda.

Este mesmo serviço poderia então enviar ao campo as recomendações escolhidas pelo fazendeiro, para imediata implementação no campo (envio de decisões para o campo).

5. AVANÇOS E NOVIDADES DO SETOR DE AUTOMAÇÃO

A automação flexível no campo é certamente o grande desafio para a agricultura do conhecimento. O fenômeno semelhante já ocorreu na indústria de manufatura, onde no início do século 20 as linhas de produção eram fixas, ou seja, elas fabricavam apenas um tipo de produto, e nas décadas de 60 e 70, surgiram as primeiras fábricas com conceitos de manufatura flexível, ou seja, linhas de produção que eram flexíveis, projetadas para produzir vários tipos de produtos.

Na agricultura, os equipamentos ainda são bastante específicos. Os equipamentos utilizados por um produtor de batata, são diferentes dos equipamentos de um produtor de amendoim, ou de cana, ou de cereais. O desafio de desenvolver máquinas e equipamentos multicultura, é um grande estímulo para a indústria de equipamentos agrícolas. Muitos produtores ficam presos a certas culturas, pelo fato de seus equipamentos serem específicos para estas culturas. Então, mesmo que o preço do produto agrícola esteja baixo, muitas vezes ele acaba, por conta do seu sistema de produção, e por falta de alternativas, plantando a mesma cultura na próxima safra.

Os cultivos protegidos já estão mais próximos dos conceitos de “células de manufaturas flexíveis”, pois dentro de uma *greenhouse* é possível produzir várias culturas distintas.

Existe uma grande diferença entre as operações como pulverização, que são interdependentes, em relação a operações agrícolas como plantio, adubação e colheita que são independentes. Operações interdependentes são as operações agrícolas que interferem com os resultados de fazendas vizinhas. Pragas e doenças são um exemplo típico.

Caso uma fazenda não controle corretamente as operações de controle de pragas e doenças, isto pode afetar os resultados de produtividade dos vizinhos. Operações independentes, por outro lado, são aquelas que não interferem nos resultados das fazendas vizinhas.

A agricultura de precisão (digitalização na agricultura) nos últimos 20 anos avançou significativamente em operações independentes, como adubação, plantio e colheita. Nestas operações, o nível de automação já está muito avançado no Brasil e no mundo. O grande desafio nos próximos 20 anos serão as operações interdependentes, que vão exigir uma maior conectividade no campo, e soluções colaborativas entre os produtores rurais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos próximos 20 anos o mundo passará por grandes mudanças estruturais na economia, na política e nas relações sociais. O “mundo mecânico”, advindo da sociedade industrial, onde pessoas são engrenagens de uma “grande máquina”, será substituído por um mundo orgânico, onde pessoas são organismos vivos que interagem dentro de um ecossistema. A agricultura poderá ter um papel fundamental nesta transformação, pois em sociedades tipicamente agrícolas, o espírito de colaboração, e o cooperativismo são maiores que nas sociedades urbanas.

As tecnologias da informação, como inteligência artificial (IA), data science, IoT (Internet das Coisas) e robótica, atingirão todas as áreas da sociedade, inclusive a sociedade agrícola. O diferencial estará na capacidade das pessoas de cooperar e colaborar.

Portanto, as principais conclusões que podem ser elencadas para este novo ciclo de 20 anos são:

- O mundo busca alternativas para o modelo Capitalista Exploratório predominante, onde a ganância e o egoísmo são comportamentos aceitáveis e incentivados.

- As novas sociedades digitais, onde os dados estarão disponíveis em larga escala, e os algoritmos de IA predominarão nas atividades rotineiras da sociedade, irão possibilitar profundas mudanças políticas, econômicas e sociais.

- Muitas alternativas estão sendo propostas, como ESG, Economia de Mutualidade, Capitalismo Consciente, tríplice-hélice de inovação, modelos ético-redentivos, entre outras.

- As soluções devem emergir de uma combinação destas alternativas propostas, mas o ponto fundamental é que o mundo está em grande transformação, saindo de uma cultura de excessiva competição, para uma cultura de coopetição, onde as pessoas e as instituições precisam colaborar e cooperar, muito mais do que competir.

- E neste novo mundo da coopetição, as comunidades agrícolas possuem um ativo importante que é a cultura cooperativista. Esta cultura pode favorecê-los nesta construção.

REFERÊNCIAS

BLANCHARD, D.; CROUCH, A.; KAUFFMANN, S. **The Redemptive Business**: A Playbook for Leaders, Praxis, 2021.

MACKEY, J.; SISODIA, R. Conscious Capitalism: Liberating the Heroic Spirit of Business, **Harvard Business Review Press**, 2014.

PIQUE, J. M.; BERBEGAL-MIRABENT, J.; ETZKOWITZ, H. Triple Helix and the evolution of ecosystems of innovation: the case of Silicon Valley, **Triple Helix**, Issue 1, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40604-018-0060-x>.

REITBLAT, C.; BAIN, P. A.; PORTER, M. E. et al., Value-Based Healthcare in Urology: A Collaborative Review. **European Urology**, v. 79, p. 571-585., 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2020.12.008>.

MEYER, C.; ROCHE, B. (Eds.). **Putting Purpose Into Practice - The Economics of Mutuality**, Oxford University Press, 2021. ISBN 978019887078.

TOFFLER, A. **Powershift: Knowledge, Wealth, and Power at the Edge of the 21st Century**. Bantam, 1991. ISBN-10 9780553292152.

TUBB, C.; SEBA, T. Rethinking Food and Agriculture 2020-2030: The Second Domestication of Plants and Animals, the Disruption of the Cow, and the Collapse of Industrial Livestock Farming. **Industrial Biotechnology**, v. 17, n. 2, April 2021. p. 57-62. DOI: <http://doi/10.1089/ind.2021.29240.ctu>.

WEF - World Economic Forum - White Paper, Seeking Return on ESG, Advancing the Reporting Ecosystem to Unlock Impact for Business and Society. January, 2019.

VII. DESAFIOS DO MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO MILHO SAFRINHA

Rubem Silvério de **Oliveira Junior** ⁽¹⁾

Denis Fernando **Biffe** ⁽¹⁾

RESUMO

O presente capítulo aborda os principais conceitos relacionados a três dos principais pilares referentes ao manejo de plantas daninhas no milho safrinha. Na primeira parte é abordada a questão da matointerferência inicial. Neste caso são feitas considerações a respeito do momento da realização da intervenção de controle, que, baseado em dados do período anterior de interferência (PAI) deveria ser o mais cedo possível e não baseadas nas tradicionais aplicações de herbicidas em pós-emergência do milho e das plantas daninhas. Num segundo momento, são discutidas questões relacionadas à integração dos sistemas de manejo das culturas que precedem ou sucedem o milho safrinha. No caso da sucessão soja verão - milho safrinha, muito dos problemas e das soluções que estão presentes em ambas as culturas são comuns e merecem reflexões sobre a integração dos sistemas de manejo. Na última parte são abordadas as principais novidades em termos de manejo de plantas daninhas que foram recentemente lançadas no mercado, com uma breve abordagem sobre os novos herbicidas registrados (pyroxasulfone e terbutilazina) e sobre a chegada dos híbridos Enlist ao mercado.

Palavras-chave: interferência, integração sistemas manejo, herbicidas.

⁽¹⁾ Eng. Agr., Dr., Professor do Núcleo de Estudos Avançados em Ciência das Plantas Daninhas - Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá. Maringá (PR). rsojunior@uem.br; denisbiffe@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A discussão deste material aborda principalmente três eixos principais de aspectos relacionados ao manejo de plantas daninhas no milho safrinha:

- Quando gastar os recursos destinado ao manejo de plantas daninhas?
- Integração dos sistemas de controle soja - milho safrinha
- Novas tecnologias em milho safrinha.

2. QUANDO GASTAR OS RECURSOS DESTINADO AO MANEJO DE PLANTAS DANINHAS?

Invariavelmente há nas planilhas de custo de produção dos agricultores uma linha e um recurso destinado ao manejo de plantas daninhas no milho safrinha. Uma vez que é praticamente certo que haverá necessidade de uma intervenção para o controle das plantas daninhas, será possível otimizar a utilização deste gasto para obter o máximo de retorno possível?

A melhor utilização de tais recursos está relacionada ao conhecimento dos problemas relacionados à matointerferência inicial.

Para abordar a questão da matointerferência inicial em milho safrinha é conveniente ressaltar, em primeiro lugar, que nesta modalidade de cultivo a planta daninha que está presente em praticamente 100% das áreas de cultivo é a soja voluntária, remanescente da colheita anterior. Para entender o impacto da soja voluntária na produtividade do milho safrinha, podemos utilizar o trabalho conduzido recentemente pelo NAPD/UEM por Morota (2020).

Este trabalho foi iniciado com um levantamento das perdas de grãos de soja observadas no momento da colheita, realizado em diferentes localidades da região de Maringá (PR). Em cada área foram

retiradas quatro amostras ao acaso (2 m²). A coleta foi realizada em locais onde a colhedora trabalhava em velocidade constante, evitando lugares de manobra onde a representatividade das amostras poderia ser alterada. Posteriormente as amostras foram pesadas, e calculou-se as perdas (em sacas por hectare) de cada propriedade. Ao todo foram realizados levantamentos em 32 áreas em seis localidades diferentes.

Os resultados indicaram que as perdas variaram de 0,39 a 3,45 sacos ha⁻¹, com média próxima a 2 sacos ha⁻¹, o que é mais alto do que o valor estabelecido como aceitável pela Embrapa Soja (SILVEIRA e CONTE, 2013). Com exceção de uma localidade, todas as perdas médias foram mais altas do que o preconizado pela Embrapa Soja (Figura 1).

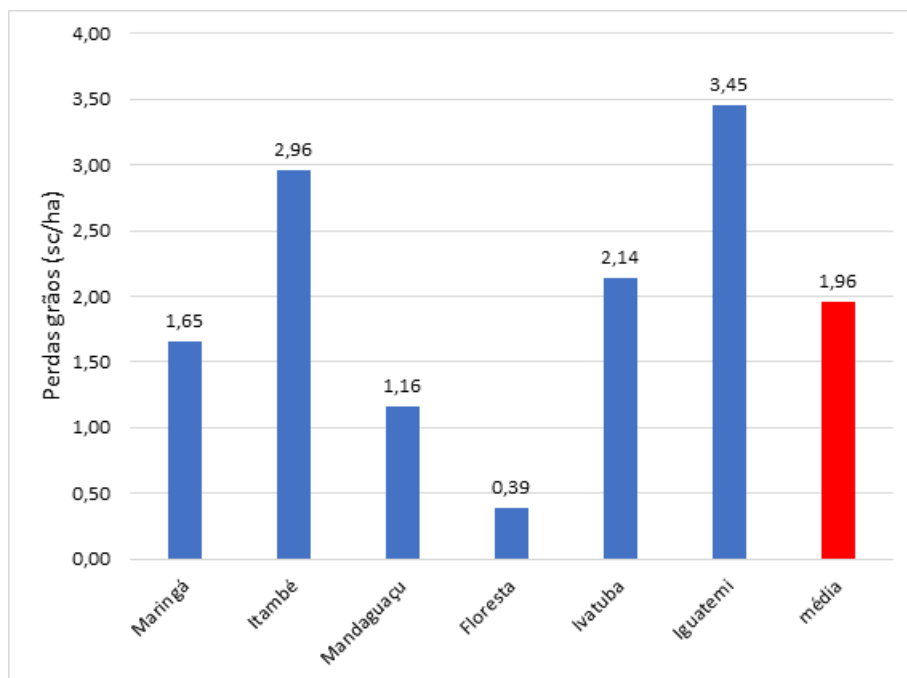


Figura 1. Levantamento de perdas de grãos de soja no momento da colheita em localidades do Norte do Paraná, safra 2019/2020. Fonte: Morota, F. K. (2020).

Tendo em vista os resultados obtidos na amostragem de perdas na colheita, foram conduzidos experimentos por dois anos consecutivos, com o objetivo de avaliar o efeito da soja voluntária na produtividade da cultura do milho safrinha. Os experimentos foram conduzidos na Unidade de Difusão Tecnológica (UDT) da Cocamar Cooperativa Agroindustrial em Floresta (PR) durante duas safras consecutivas (2018 e 2019). A distribuição dos grãos de soja na área visando representar os cenários de perdas na colheita foi realizada um dia antes da semeadura do milho. Para cada experimento foi calculada a quantidade de grãos de soja para simular valores de perdas na colheita equivalentes a 1, 2 e 4 sacos ha⁻¹.

Os tratamentos foram compostos por períodos crescentes durante os quais a soja voluntária permaneceu em competição com o milho safrinha (0, 5, 10, 15, 20, 25, 35, 45 e 55 dias após a emergência do milho safrinha) e uma testemunha sem nenhum controle das plantas daninhas. Ao final de cada período, foi realizada uma aplicação de atrazina (2500 g ha⁻¹) + óleo mineral (0,5% v v⁻¹) (Tabela 1). As demais plantas invasoras foram eliminadas através da capina manual, para que a matocompetição da soja voluntária não fosse alterada por interferência de outras plantas na cultura do milho.

Tabela 1. Tratamentos dos experimentos em períodos de convivência ou dias sem realizar o controle da soja voluntária durante o início do ciclo do milho safrinha. Fonte: Morota, F. K. (2020)

Tratamentos	Períodos de convivência
1	Testemunha capinada livre da presença de plantas voluntárias
2	Aplicação de atrazina aos 5 dias após a emergência
3	Aplicação de atrazina aos 10 dias após a emergência
4	Aplicação de atrazina aos 15 dias após a emergência
5	Aplicação de atrazina aos 20 dias após a emergência
6	Aplicação de atrazina aos 25 dias após a emergência
7	Aplicação de atrazina aos 35 dias após a emergência
8	Aplicação de atrazina aos 45 dias após a emergência
9	Aplicação de atrazina aos 55 dias após a emergência
10	Testemunha sem controle de plantas voluntárias

Os dados de produtividade do milho foram utilizados para a determinação dos períodos de interferência da soja voluntária, por meio de análise de regressão. Com base nas equações de regressão ajustadas, foram determinados os períodos de interferência das plantas daninhas para o nível de tolerância de 5% de redução de produtividade, em relação ao tratamento mantido livre da interferência da soja voluntária durante todo o ciclo.

Esse valor foi determinado como o limite máximo econômico, ou seja, quando a perda por competição está sendo maior que o custo de pulverização de herbicida. Foi considerado que a produtividade média dos experimentos nos dois anos foi de 69 sacos ha^{-1} (100%), e o custo de uma aplicação de atrazina de cerca de R\$ 110,00 ha^{-1} , equivalente a 3,45 sacos ha^{-1} (5% do valor máximo), com o preço do milho a R\$ 32,00 à saca, considerado nos anos de 2018 e 2019. Com as demais variáveis também foi utilizado o valor aceitável de 5% de redução para manter como padrão no trabalho.

Os principais resultados indicam que, tomando como exemplo uma perda de 2 sacos ha^{-1} na colheita da soja, a competição imposta pela presença da soja voluntária é suficiente para afetar o crescimento do milho (Figura 2), o que diminui não só a capacidade competitiva da cultura como também sua habilidade em ser mais eficiente do ponto de vista de captação da luz e da fotossíntese. O efeito da soja voluntária na altura do milho é evidente em todos os casos até 15 a 20 dias após a emergência (DAE) do milho, mas o efeito no crescimento da cultura pode ser importante até 38 DAE (Figura 3).

3 décadas de inovações na cultura do milho safrinha: avanços e desafios

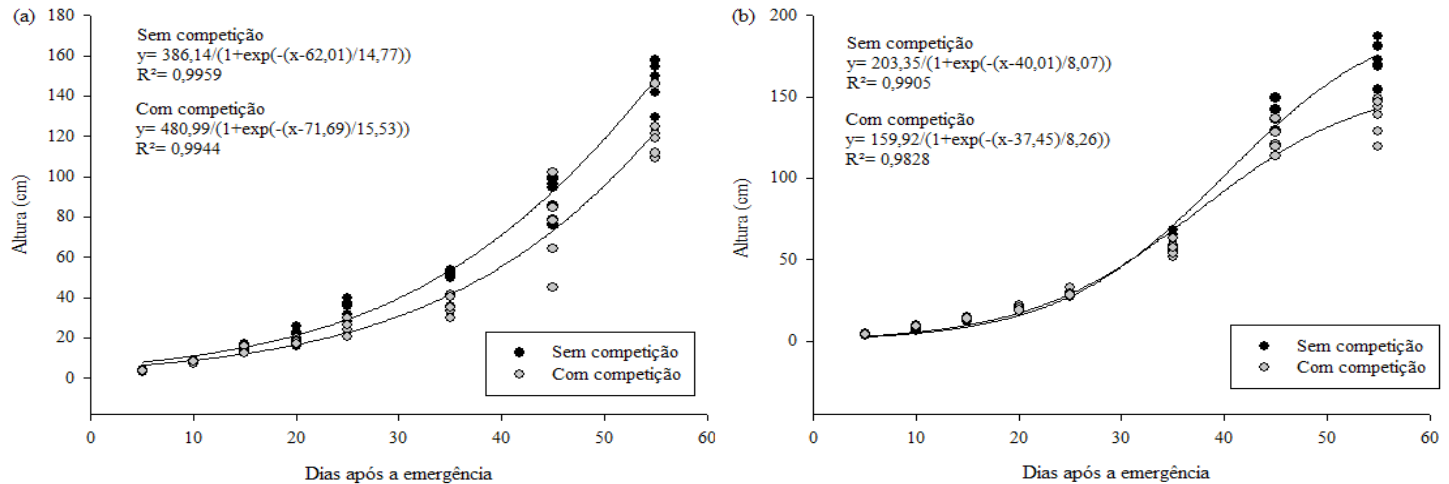


Figura 2. Altura das plantas de milho (cm), com e sem competição com a soja voluntária em função de perdas de soja equivalentes a 2 sacos ha^{-1} no ano de 2018 (a) e 2019 (b). Floresta-PR 2018/2019. Fonte: Morota, F. K. (2020).

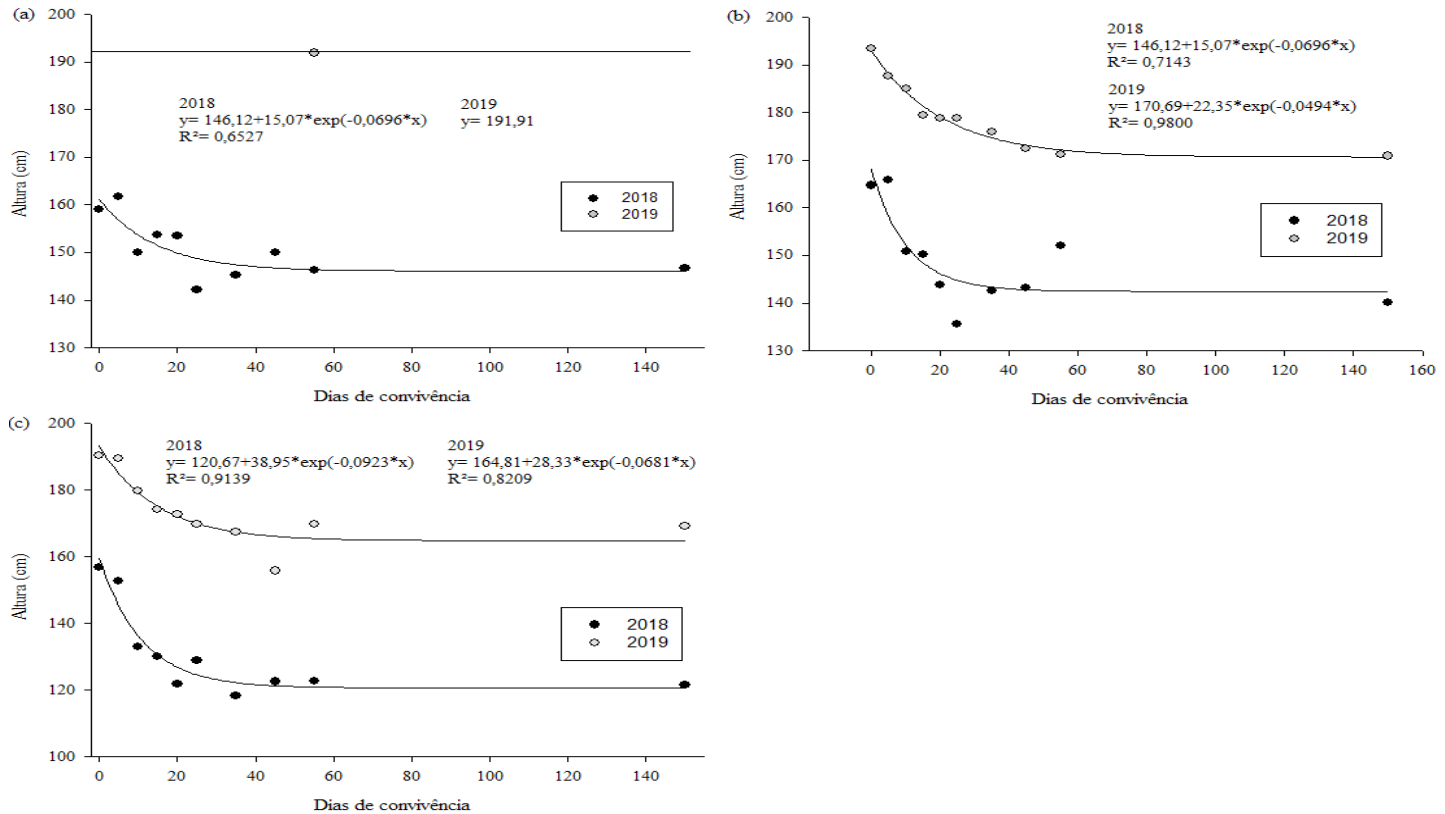


Figura 3. Altura de plantas de milho (cm) dos experimentos dos anos de 2018 e 2019 em função de perdas de soja equivalentes a 1 saca ha⁻¹ (a), 2 sacos ha⁻¹ (b) e 4 sacos ha⁻¹ (c). Floresta-PR 2018/2019. Fonte: Morota, F. K. (2020).

A competição imposta pela soja voluntária afeta também outras características importantes relacionadas ao desenvolvimento do milho, como o diâmetro do colmo e a área foliar. A intensidade de redução do diâmetro do colmo pode chegar até 20%-25% à medida que o período de convivência aumenta (Figura 4). Efeito de intensidade semelhante também é observado em relação à área foliar do milho (Figura 5).

O resultado da matointerferência inicial causada pela soja voluntária no milho é a redução da produtividade de grãos (Figura 6). Para o experimento de 1 saco ha^{-1} no ano de 2018 o período anterior à interferência (PAI) foi definido aos 5 dias de convivência, quando a produtividade foi reduzida acima de 5%. Para o ano de 2019 não houve redução significativa para produtividade. No experimento de 2 sacos ha^{-1} , o PAI foi definido aos de 2 dias após a emergência do milho (DAE) para 2018 e aos 5 DAE para 2019. Para o experimento de 4 sacos ha^{-1} , no ano de 2018 o PAI também foi definido aos 2 DAE, já para 2019 o PAI foi de 3 DAE. No ano de 2018 a interferência causada pela soja voluntária na cultura do milho foi mais agressiva de modo geral, reduzindo em maior porcentagem todas as variáveis e as reduções acima de 5% ocorreram mais cedo.

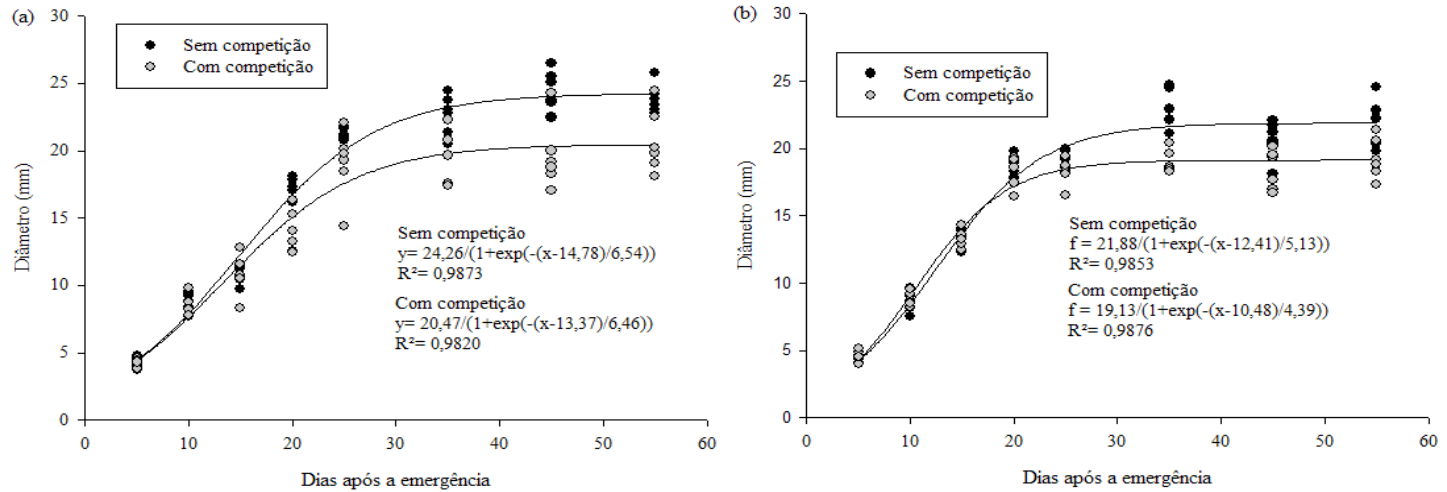


Figura 4. Diâmetro das plantas de milho (mm), com e sem competição com a soja voluntária em função de perdas de soja equivalentes a 2 sacos ha^{-1} nos anos de 2018 (a) e 2019 (b). Floresta-PR 2018/2019. Fonte: Morota, F. K. (2020).

3 décadas de inovações na cultura do milho safrinha: avanços e desafios

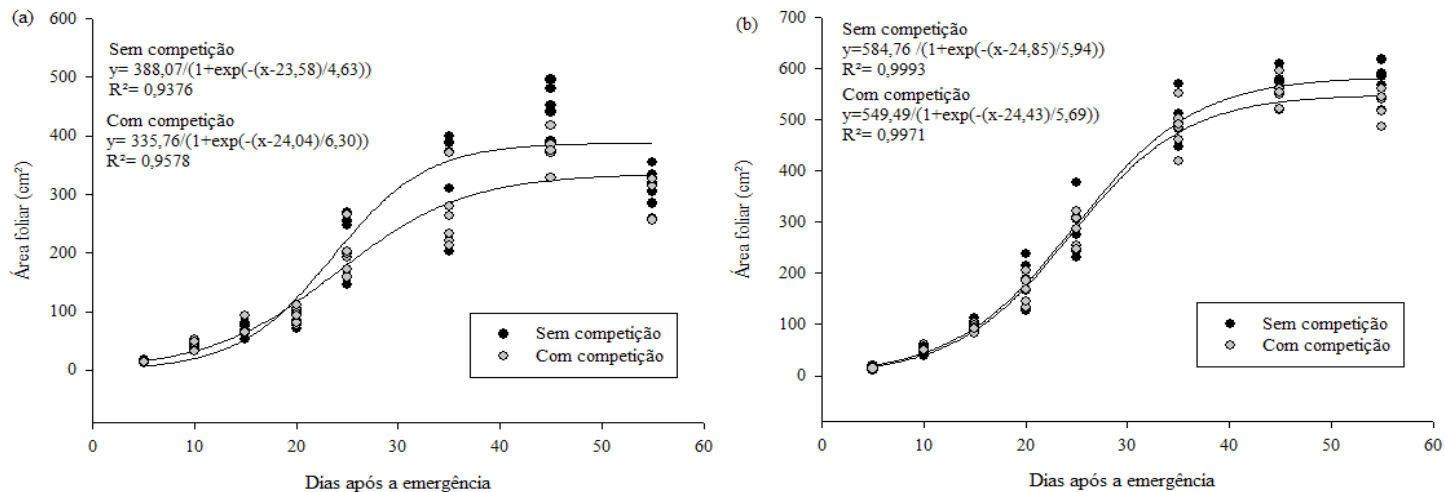


Figura 5. Área foliar da última folha expandida das plantas de milho (cm²), com e sem competição com a soja voluntária em função de perdas de soja equivalentes à 1 saco ha⁻¹ nos anos de 2018 (a) e 2019 (b). Floresta-PR 2018/2019. Fonte: Morota, F. K. (2020).

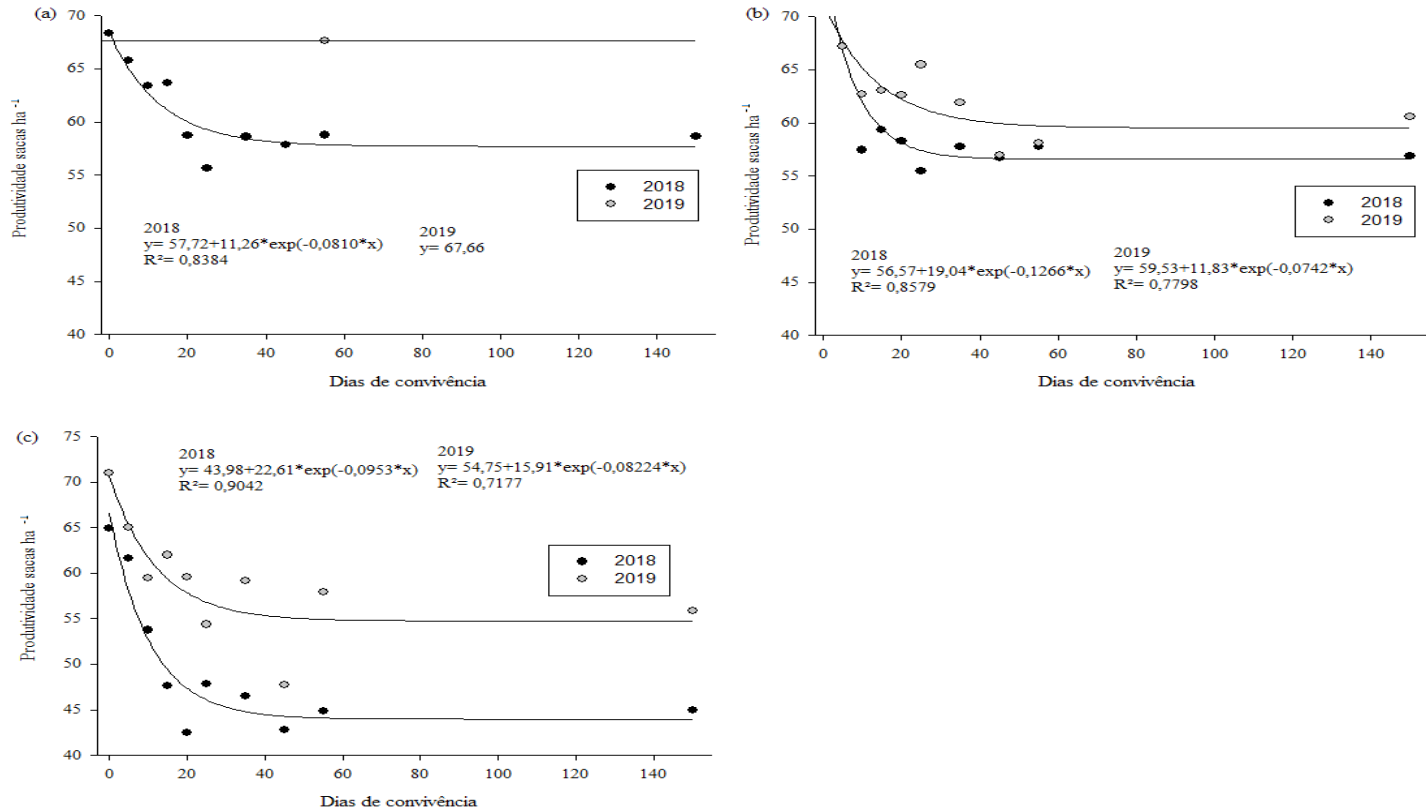


Figura 6. Produtividade expressa em sacos ha⁻¹ dos experimentos dos anos de 2018 e 2019 em função de perdas na colheita de soja, 1 sacos ha⁻¹ (a), 2 sacos ha⁻¹ (b) e 4 sacos ha⁻¹ (c). Floresta-PR 2018/2019. Fonte: Morota, F. K. (2020).

Considerando-se uma perda média de 2 sacos ha^{-1} e a aplicação de herbicida realizada 20 dias após a emergência do milho (uma época bastante usual para os agricultores), mesmo que esta aplicação resulte em 100% de controle da infestação de soja voluntária, ainda há uma perda de 19,25 sacos ha^{-1} em relação ao potencial produtivo do milho (Tabela 2).

Tabela 2. Interferência da soja voluntária na produtividade do milho safrinha

Dia após a emergência do milho em que aplicou atrazina	Quanto colheu (sc ha^{-1})	Quanto perdeu (sc ha^{-1})
0	66,59	0
5	58,02	8,57
10	52,70	13,89
15	49,39	17,20
20	47,34	19,25
25	46,07	20,52
30	45,28	21,31
35	44,78	21,81

Fonte: Morota, F. K. (2020).

Os números apresentados demonstram a importância de se prevenir a matointerferência inicial no milho safrinha, mesmo que ela seja composta por uma infestação considerada relativamente de fácil controle, como a soja RR voluntária. Aplicações em pós-emergência do milho nas épocas tradicionalmente adotadas pelos agricultores podem resultar em significativas perdas no potencial produtivo da cultura.

3. INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS DE CONTROLE SOJA - MILHO SAFRINHA

Nos sistemas de sucessão ou de rotação de culturas que são compostos por dois ou mais cultivos por ano, é indispensável pensar

no sistema como um todo. Por exemplo, na sucessão soja verão - milho safrinha, todo o manejo de plantas daninhas que é realizado desde a dessecação que precede a semeadura da soja tem efeito nos problemas e nas táticas de manejo que deverão ser adotadas no milho em sucessão.

Antes da introdução dos cultivos geneticamente modificados para tolerância ao glyphosate, havia muito maior diversidade no que tange à utilização de mecanismos de ação em herbicidas de soja e de milho. Apenas como exemplo, para a cultura de milho “convencional” (não RR), poderíamos mencionar a utilização de herbicidas como s-metolachlor (inibidor de VLCFA), atrazina (inibidor do FS II), nicosulfuron (inibidor da ALS), tembotrione, mesotrione e isoxaflutole (inibidores da síntese de carotenoides) ou 2,4-D (mimetizadores da auxina). Com a entrada no mercado dos híbridos RR, a significativa adoção de glyphosate (inibidor da EPSPs) diminuiu a diversidade dos mecanismos utilizados em milho, embora ainda seja relevante a utilização em conjunto com a atrazina visando ao controle da soja RR voluntária.

Não há atualmente a perspectiva de novos mecanismos de ação de herbicidas serem lançados no mercado. Este fato, somado ao aumento dos casos de resistência de plantas daninhas, não só ao glyphosate mas também a herbicidas de outros mecanismos de ação, acende o alerta no sentido de que as opções de manejo estão ficando mais e mais limitadas.

Outro aspecto que tem limitado e ou comprometido a eficiência de controle nos plantios de milho safrinha é a absoluta falta de adoção de aplicações em pré-emergência das plantas daninhas. Como descrito anteriormente, para a competição imposta pela soja voluntária, a matointerferência inicial afeta a produtividade do milho safrinha desde muito cedo. Muitas vezes o técnico ou o agricultor optam pela realização da tradicional aplicação em pós-emergência, pela conveniência em realizá-la apenas quando o fluxo de soja voluntária já emergiu 100%, o que obviamente resulta em prejuízo financeiro direto.

3.1. Desafios do sistema soja-milho safrinha

As duas principais infestantes das áreas de cultivo de soja verão - milho safrinha atualmente são a buva (*Conyza spp*) e o capim-amargoso (*Digitaria spp*). Tanto o capim-amargoso quanto a buva são espécies que emergem predominantemente na entressafra entre a colheita do milho safrinha e a semeadura da soja.

O período de entressafra pós-colheita milho safrinha é um ambiente ideal para emergência da buva, pois:

- Doses baixas ou ausência de herbicidas residuais para o milho safrinha;
- Clima com noites mais frias;
- Pouca cobertura do solo;
- Palha “rala” e de curta durabilidade.

Nos estados do Sul do Brasil e também em regiões de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, onde pode haver chuvas pontuais ao longo do período de inverno, a emergência da buva tende a ser ainda maior, o que implica no agravamento da infestação de entressafra.

Ao longo dos últimos anos tem sido observado que as áreas com infestação de buva, que eram típicas da região Sul do Brasil, têm se expandido em direção Norte. Também tem se observado o aumento das densidades de infestação e a adaptação das populações desta planta visando emergência mais cedo dentro do ciclo do milho safrinha, quando ainda há maior umidade disponível.

O fato da maioria dos sistemas de manejo de plantas daninhas não adotar o uso de pré-emergentes (tanto em soja, mas, em muito maior intensidade, no caso do milho) acaba sendo um facilitador para que, no período em que há pouco ou nenhuma cobertura do solo, estas espécies possam emergir e rapidamente crescer e se tornar problemas.

Atualmente novos nichos de mercado para o manejo de plantas daninhas têm surgido, como por exemplo, o manejo outonal ou manejo de entressafra longa. O conceito de manejo outonal está descrito em detalhes em Constantin et al. (2013). No entanto, principalmente nas áreas de cultivo do Cerrado brasileiro, nem sempre há condições climáticas que possibilitem o uso de herbicidas na entressafra, em especial em função do déficit hídrico no solo típico dos meses do inverno.

3.2. Manejo de buva e de capim-amargoso resistentes ao glifosato

Tendo em vista o agravamento dos problemas de resistência relacionados principalmente à buva e ao capim-amargoso, é possível concluir que ainda dispomos de ferramentas para manejo deste problema em curto/médio prazo, tais como o manejo outonal, misturas de herbicidas na dessecação, aumento dos sistemas consorciados com geração de melhor cobertura do solo. No entanto, os problemas de resistência múltipla ameaçam grande parte das alternativas químicas disponíveis no momento. No longo prazo, temos duas opções: surgimento de novos mecanismos de ação de herbicidas ou diversificação do uso das ferramentas de que dispomos. O manejo de plantas daninhas deve ser planejado dentro do sistema de sucessão, e não apenas dentro de uma cultura.

Ideias relacionadas à inserção de diversidade no manejo de plantas daninhas na sucessão soja - milho safrinha podem incluir, entre outras, a utilização de roçadas como métodos de controle (muito efetiva por exemplo, para o capim-amargoso), a rotação de culturas, os cultivos consorciados (aveia 3º ciclo; consórcio milho + braquiária).

3.3. O milho cultivado em consórcio com a braquiária (*Urochloa ruziziensis*)

O requerimento de luz é o principal motivo pelo qual a germinação das sementes é restrita à proximidade da superfície do solo (TOLEDO et al., 1993). Tal premissa é válida para as sementes de buva, uma vez que diferentes autores citam que a buva é uma planta daninha fotoblástica positiva, ou seja, sua germinação é favorecida pela presença de luz (VIDAL et al., 2007; VIVIAN et al., 2008). Outro fator importante está relacionado ao pequeno tamanho e poucas reservas nutritivas que as sementes de buva possuem. Assim, estas sementes podem detectar a presença de concorrentes potenciais (cobertura vegetal espessa, sombreamento de plantas vizinhas), pela ausência de luz no comprimento de onda adequado, reduzindo assim a probabilidade de competição e aumentando a de sobrevivência (YAMASHITA e GUIMARÃES, 2010), ou seja, retardando o processo germinativo.

Sistemas de sucessões que proporcionem maior cobertura de solo na entressafra são uma grande ferramenta para a diminuição tanto da emergência quanto da competitividade das plantas daninhas na entressafra.

No caso das áreas de cultivo de grãos, o principal consórcio que tem sido estabelecido é o do milho com *U. ruziziensis*. Esta gramínea apresenta crescimento ótimo ocorre a 33/28 °C dia/noite com temperatura mínima de 19 °C. É uma gramínea de hábito de crescimento prostrado, perene, rizomatosa e que forma uma densa cobertura foliar. Não tem tolerância a geadas, mas apresenta tolerância moderada ao sombreamento, cuja produção de biomassa seca pode variar entre 6 a 25 t ha⁻¹. Outro aspecto interessante é que se trata de uma espécie muito suscetível ao glyphosate, o que implica na relativa facilidade em dessecar tal material antes da próxima semeadura. Também apresenta uma relação C/N relativamente alta, o permite que a cobertura morta permaneça no solo por um período de tempo relativamente maior.

São muitos os benefícios advindos da presença de coberturas de *U. ruziziensis* nos sistemas de soja verão-milho safrinha. Do ponto de vista do manejo de plantas daninhas, a palha é não só um impedimento físico para a emergência das plantas daninhas (OLIVEIRA JR. et al., 2014), mas apresenta também significativo efeito alelopático (KERN-CARDOSO et al., 2011; IWAMOTO et al., 2011) na inibição da germinação de plantas daninhas.

Apesar do crescente interesse dos produtores na utilização do consórcio entre milho e *U. ruziziensis*, há ainda alguns gargalos referentes ao emprego adequado deste sistema, sendo comumente verificadas falhas na semeadura da forrageira, e ainda, competição entre as duas espécies consorciadas, o que pode inviabilizar o cultivo consorciado (JAKELAITIS et al., 2004). Desta forma, medidas visando à otimização do cultivo em consórcio devem ser adotadas para garantir um bom estabelecimento de ambas as espécies na área, sem que haja prejuízos mútuos gerados pela interferência.

O aumento da adoção dos sistemas consorciados de milho com braquiária ainda apresenta desafios e necessidades. Como a questão da qualidade das sementes, a adaptação das máquinas para a semeadura, o “timing” correto para a supressão do crescimento da braquiária e a necessidade de se realizar uma dessecação com bastante antecedência em relação à semeadura de verão, entre outros.

Um dos principais entraves relacionados a adoção do cultivo do milho com espécies forrageiras ocorre em função das características semelhantes que ambas as espécies do consórcio apresentam, acarretando assim em perdas na produtividade, podendo comprometer a viabilidade da consorciação. Nesse contexto, é importante manejar adequadamente a forrageira, seja com diferentes modalidades de implantação, distintas épocas de semeadura ou com aplicações de subdoses de herbicidas em pós-emergência seletivos ao milho, para que os prejuízos para a cultura do milho sejam evitados (GHENO, 2017).

O cultivo do milho safrinha consorciado com *U. ruziziensis*, reduz respectivamente em até 80%, 60% e 96% a emergência, o crescimento e a massa seca das plantas de buva (*Conyza* spp.), em função do aumento da massa seca das plantas de *U. ruziziensis* durante a entressafra, na média dos dois locais avaliados (GHENO, 2017).

4. NOVAS TECNOLOGIAS EM MILHO SAFRINHA

4.1. Novos herbicidas

Recentemente o mercado assistiu à chegada de dois novos princípios ativos herbicidas para a cultura do milho: pyroxasulfone e terbutilazina.

No caso do pyroxasulfone, trata-se de um inibidor de VLCFA (ácidos graxos de cadeia longa) (mesmo grupo do s-metolachlor, por exemplo), que tem espectro voltado ao controle de gramíneas oriundas de sementes e de algumas folhas largas. É um novo herbicida que é registrado para uso em milho numa mistura formulada de fábrica que contém [pyroxasulfone + flumioxazin]. A mistura com flumioxazin amplia o espectro de controle do herbicida e contribui na efetividade do controle residual, uma vez que é recomendado para aplicação em pré-emergência.

No caso da terbutilazina, trata-se de um herbicida inibidor do fotossistema II (mesmo grupo da atrazina, entre outros). A terbutilazina apresenta semelhança com atrazina em vários aspectos de utilização, uma vez que pode ser usado em pré-emergência visando efeito residual, assim como em pós-emergência visando efeito de contato sobre as plantas daninhas já emergidas. No primeiro caso (PRÉ), as doses utilizadas devem ser mais altas do que as doses recomendadas em PÓS. A terbutilazina tem sido utilizada principalmente na Europa em substituição à atrazina em função do seu menor potencial de contaminação de águas subterrâneas.

4.2. Novas tecnologias: milho ENLIST

Híbridos Enlist são materiais geneticamente modificados que contém os genes aad-1, cp4 EPSPS e pat. O primeiro gene confere resistência aos herbicidas auxínicos como o 2,4-D e aos herbicidas FOPs, o segundo ao glyphosate e o terceiro ao glufosinato de amônio. O resultado é que os híbridos Enlist serão resistentes a pelo menos quatro classes de herbicidas diferentes (mimetizadores da auxina, inibidores da ACCase da família dos ariloxifenoxipropionatos, inibidores da EPSPs e inibidores da GS).

Este “trait” inicialmente foi concebido quando cientistas da Dow identificaram uma classe de enzimas provenientes de bactérias denominadas AAD (enzimas ariloxialcanoato dioxigenases) capazes de metabolizar o 2,4-D. O gene para esta enzima foi inserido em culturas, promovendo, portanto, resistência ao 2,4-D em culturas como a soja e aumentando muito a tolerância do milho a este herbicida. A parte intrigante desta tecnologia é o fato de que, especificamente para o milho Enlist, este “trait” também proporciona resistência para uma das famílias dos inibidores da ACCase, os ariloxifenoxipropionatos (mais frequentemente conhecidos como “FOPs”). A questão é: por que se promoveu a inserção de tolerância aos FOPs em milho, sabendo que esta é a principal ferramenta de manejo químico do milho RR voluntário?

Há muitas versões de enzimas envolvidas na degradação de toxinas, e cada versão degrada um espectro diferente de moléculas. A versão identificada pelos cientistas da Dow era capaz de metabolizar não apenas o 2,4-D, mas também de degradar os herbicidas FOPs. Esta habilidade ocorre em função dos FOPs apresentarem uma ligação praticamente idêntica à presente no 2,4-D (Figura 7). Eles escolheram usar esta versão da enzima porque acreditavam que as gramíneas resistentes ao glyphosate já estariam amplamente distribuídas nas áreas de cultivo de milho quando as culturas com a tecnologia Enlist chegassem ao mercado. Isto proporcionaria utilizar os FOPs como ferramenta de controle das gramíneas que não eram mais controladas

por glyphosate em milho Enlist. Os herbicidas das outras famílias de inibidores da ACCase (DIMs) não apresentam esta ligação, e permanecem sendo ferramentas efetivas no controle do milho Enlist voluntário (HARTZLER, 2021). O funcionamento das enzimas AADs nas culturas Enlist é detalhado no trabalho publicado por Wright et al. (2010) (Figura 8).

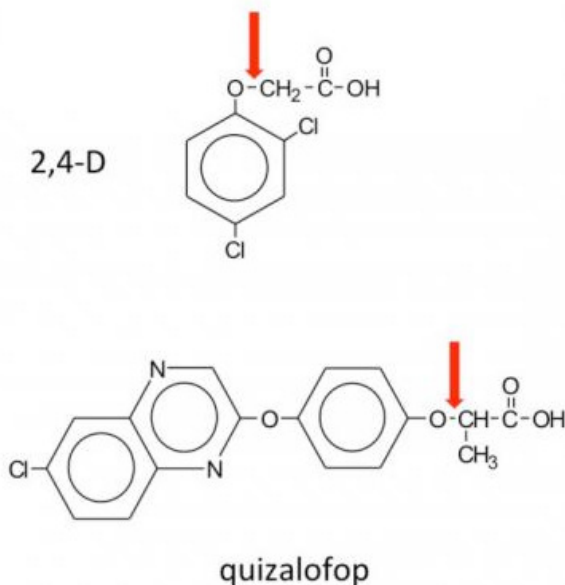


Figura 7. Estruturas químicas do 2,4-D e do quizalafop, e a atividade catalítica das enzimas AAD. As AADs catalisam a quebra da ligação entre o oxigênio (O) e o carbono (C) na seta em vermelho.

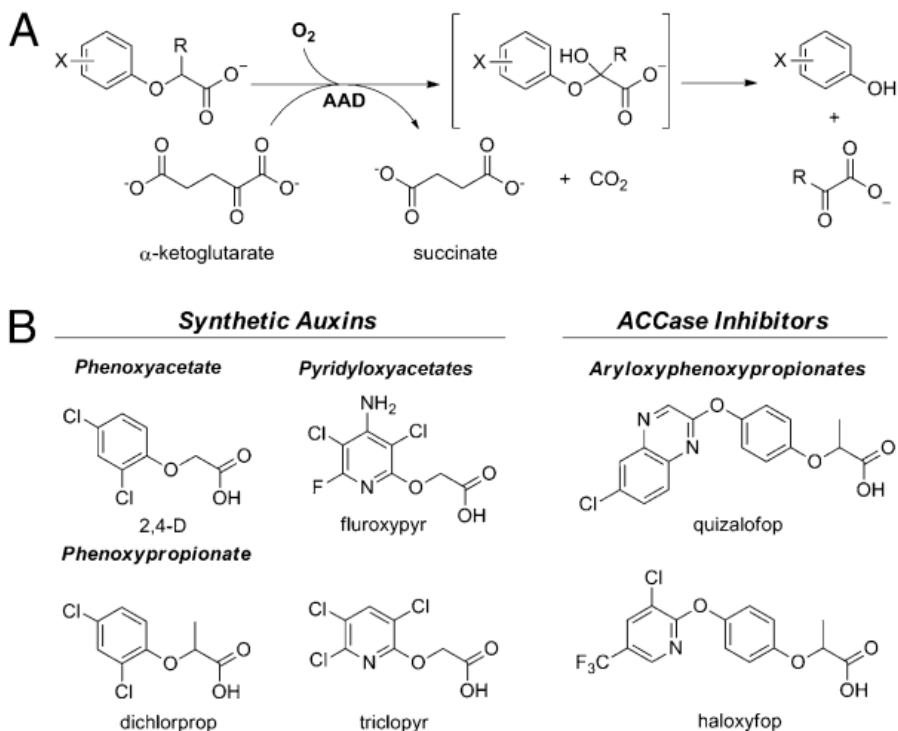


Figura 8. (A) Reação geral catalisada pelas enzimas AAD. (B) Compostos herbicidas da família dos ariloxifenoxiacanoatos que são substratos para a AAD. Fonte: Wright et al. (2010).

Embora o milho Enlist represente uma nova possibilidade de controle de gramíneas resistentes ao glyphosate presentes no milho RR, tais como o capim-amargoso e o capim pé-de-galinha, o maior desafio envolvido nesta tecnologia será justamente o controle das plantas voluntários de milho Enlist, uma vez que a ferramenta que apresenta maior eficácia de controle, em especial de plantas de estágio mais desenvolvido, é justamente os FOPs.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O maior retorno econômico dos recursos destinados ao manejo das plantas daninhas em milho safrinha é obtido quando a intervenção

de controle é realizada muito cedo dentro do ciclo da cultura, o que sugere que aplicações de herbicidas em pré-emergência por exemplo, deveriam ter maior prioridade do que as tradicionais aplicações em pós-emergência da cultura. Sistemas inteligentes de manejo das plantas daninhas também devem considerar que a integração dos métodos de controle entre a cultura que precede ou que sucede o milho safrinha são fundamentais para ter sistemas de manejo eficientes. Por fim, a chegada de novas tecnologias traz novas oportunidades de abordagem dos problemas do presente, mas trazem consigo novos desafios para o futuro.

REFERÊNCIAS

CONSTANTIN, J. OLIVEIRA JR., R. S.; OLIVEIRA NETO, A.; BLIANSKI, E.; GUERRA, N. Manejo de buva na entressafra. In: CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R. S.; OLIVEIRA NETO, A. **Buva: fundamentos e recomendações para manejo**. Curitiba: Omnipax, 2013. p. 41-64.

GHENO, E. A. **Manejo químico de *Urochloa ruziziensis* em consórcio com milho e controle de *Conyza* spp.** 2017. 82 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2017.

HARTZLER, B. Why in the World is Enlist Corn Resistant to the Fop Herbicides? Disponível em: <https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/why-world-enlist-corn-resistant-fop-herbicides>. Acesso em: 10 out. 2021.

IWAMOTO, E. L. I.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; SILVA, A. A.; KERN-CARDOSO, A. A.; RIOS, F. A.; MITO, M. S.; FOLETTO, M. Potential allelopathic effects of Ruzi grass (*Urochloa ruziziensis*) leaf and steam tissues on weed species. In: WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA ANNUAL MEETING, 51st, 2011, Portland, OR. Abstracts. Portland, OR: Weed Science Society of America, 2011. v. 1.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. F. ; FREITAS, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Urochloa decumbens*). **Planta Daninha**, v. 22, p. 553-560, 2004.

KERN-CARDOSO, K. A.; SILVA, A. A.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; KAGAMI, F. L.; ANTIQUEIRA, J. L.; ALMEIDA, J. D.; IWAMOTO, E. L. I. Allelopathic activity of the butanolic fraction and of saponins obtained from residues of ruzi grass (*Urochloa ruziziensis*) on the weed species poinsettia (*Euphorbia heterophylla* L.). In: WORLD CONGRESS ON ALLELOPATHY. 6, 2011, Guangzhou. **ANNALS** [...] University, MS (EUA): International Allelopathy Society, 2011. v. 1.

MOROTA, F. K. **Período anterior à interferência de soja voluntária na cultura do milho**. 2020. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020.

OLIVEIRA JR., R. S.; RIOS, F. A.; CONSTANTIN, J.; ISHII-IWAMOTO, E. L.; GEMELLI, A.; MARTINI, P. E. Grass straw mulching to suppress emergence and early growth of weeds. **Planta Daninha**, v. 32, n. 1, p. 11-17, 2014.

SILVEIRA, J. M.; CONTE, O. **Determinação de perdas na colheita de soja: copo medidor da Embrapa**. Londrina: Embrapa Soja, 2013, 29 p.

TOLEDO, R. E. U.; KUVAI, M. A.; ALVES, P. L. C. A. Fatores que afetam a germinação e a emergência de *Xanthium strumarim* L.: dormência, qualidade da luz e profundidade de semeadura. **Planta Daninha**, v. 11, n. 1, p. 15-20, 1993.

VIDAL, R. A.; KALSING, A.; GOULART, I. C. R. G.; LAMEGO, F. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Impacto da temperatura, irradiância

e profundidade das sementes na emergência e germinação de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* resistente ao glyphosate. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 309-315, 2007.

VIVIAN, R.; GOMES JR., F. G.; CHAMMA, H. M. C. P.; SILVA, A. A.; FAGAN, E. U.; RUIZ, S. T. Efeito da luz e da temperatura na germinação de *Alternathera tenella*, *Conyza bonariensis* e *Digitaria ciliaris*. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 507-513, 2008.

WRIGHT, T. R.; SHAN, G.; WALSH, T. A.; LIRA, J. M.; CORY, C.; SONG, P.; ZHUANG, M.; ARNOLD, N. L.; LIN, G.; YAU, K.; RUSSELL, S. M.; CICCHILLO, R. M.; PETERSON, M. A.; SIMPSON, D. M.; ZHOU, N.; PONSAMUEL, J.; ZHANG, Z. Robust crop resistance to broadleaf and grass herbicides provided by aryloxyalkanoate dioxygenase transgenes. **PNAS**, v. 107, n. 47, p. 20240-20245, 2010.

YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C. Germinação de sementes de *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* em função da disponibilidade hídrica no substrato. **Planta Daninha**, v. 28, n. 2, p. 309-317, 2010.

VIII. PRINCÍPIOS E PRÁTICAS PRECONIZADAS PELO GRUPO ASSOCIADO DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL (GAAS) NO MANEJO DE PRAGAS DO MILHO SAFRINHA

Rodrigo **Barroso** ⁽¹⁾

Eduardo **Martins** ⁽²⁾

Pablo **Hardoim** ⁽³⁾

Rogério **Vian** ⁽⁴⁾

RESUMO

A agricultura, como qualquer outra cadeia produtiva, está demandando o uso racional de insumos, principalmente aqueles de fontes não renováveis. Neste contexto de mudanças, produtores formaram um grupo para discutir e difundir manejos adequados para uma agricultura sustentável. Anos depois surgiu o Grupo Associado de Agricultura Sustentável (GAAS), no qual os membros adotam a sustentabilidade como caminho e a regeneração como destino da agricultura. Neste novo sistema, busca-se compreender o sistema e agir de forma preventiva, tendo a Natureza como fonte inspiradora e aliada. A agricultura tropical deve ser regida por processos, já que tecnologias que prometem o controle, o extermínio ou o bloqueio de populações de pragas e doenças não são factíveis no sistema aberto. Pela sua característica de um sistema vivo, a agricultura deveria ser tratada

⁽¹⁾ Engenheiro Agrônomo e membro do Grupo Associado de Agricultura Sustentável (GAAS), Rua da Pátria, 230, CEP: 74670-300, Goiânia-GO. rodrigopaesbarroso@gmail.com

⁽²⁾ Membro da Diretoria do GAAS. martins.eduardo1956@gmail.com

⁽³⁾ Coordenador Regional por São Paulo do GAAS. phardoim@gmail.com

⁽⁴⁾ Engenheiro agrônomo e Presidente do GAAS. rogeriovian75@gmail.com

pelas suas especificidades, ditadas por cada contexto. Por isso, não é possível generalizar pacotes prontos, mas princípios e fundamentos bem constituídos. Ao longo do texto alguns destes conceitos gerais serão abordados. Também serão apresentadas algumas práticas gerais e específicas utilizadas por membros do GAAS para o manejo de algumas pragas do milho safrinha.

Palavras-chave: agricultura de processo, manejo preventivo, paisagem integrada.

1. INTRODUÇÃO

Diferentes premissas embasam o controle biológico de pragas e doenças e as diferenciam do controle químico. O controle por erradicação e a postura reativa, comumente observados no manejo de controle químico, estão dando lugar ao sistema agroecológico. Neste contexto de produção, a ótica de equilíbrio entre populações, a adoção de uma visão integrada e o manejo preventivo, que busca antes de tudo entender o ciclo das pragas e doenças para atuar no momento de maior vulnerabilidade, são práticas comumente adotadas de modo a evitar ao máximo a escalada dos índices de dano econômico na lavoura. Busca-se assim por ferramentas seletivas, que favorecem o equilíbrio ecológico do sistema, permitindo a manutenção de populações de inimigos naturais sempre ativas, bem como fortalecendo as interações microbiológicas que governam as leis dos ambientes nativos. Tais ferramentas, quando aplicadas de forma estratégica e em momentos adequados, resultam na diminuição considerável da necessidade de aporte de insumos químicos. Este é um dos principais motivos que torna o sistema produtivo mais eficiente e, conseqüentemente, mais sustentável e rentável ao produtor.

No processo evolutivo das interações os microrganismos participam ativamente do ecossistema da planta. Eles evoluíram junto com as plantas no processo de colonização do ambiente terrestre e desde então são mais de 450 milhões de anos de parceria (HASSANI et al., 2018)

embebidas em códigos genéticos, muitos ainda desconhecidos pela ciência. Inúmeras funções benéficas ao hospedeiro são atribuídas a estes microssimbiontes. Por exemplo, além das atividades bioestimulantes amplamente conhecidas, tais como produção de fitohormônios, disponibilização de nutrientes, alguns microrganismos benéficos também são capazes de alterar o metabolismo e a fisiologia da planta, fazendo com que ela se adapte melhor às condições de adversidades. Com relação ao manejo microbiológico de pragas e doenças, dois mecanismos são normalmente observados: ativação do sistema imune da planta e produção de compostos com atividade supressora que pode prejudicar o metabolismo de outros microrganismos. Este segundo é independente da planta. Desta forma, busca-se no presente capítulo explicar as bases do manejo biológico das principais pragas e doenças no milho safrinha, passando por mecanismos fisiológicos de defesa e supressividade às pragas e doenças.

2. BASES CONCEITUAIS DA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL E DO MANEJO BIOLÓGICO DE PRAGAS E DOENÇAS

Toda propriedade agrícola, por ser um sistema aberto, é um sistema complexo. Uma das características de um sistema complexo consiste no fato de que não se pode prever com exatidão os resultados e as consequências de qualquer tipo de interferência externa. O que se observa no campo é que quanto maior a interferência, maiores são os resultados não previstos. Ou seja, quanto antes na cadeia de eventos ocorrer a interferência seletiva e quanto mais integrada ao ambiente do processo de produção, maior é a probabilidade de sucesso do sistema produtivo. Mais importante ainda, menores serão os custos econômicos e energéticos, resultando no aumento da rentabilidade.

Nada no ecossistema agrícola se dá isoladamente, e por isso para cada ferramenta de manejo é necessário pensar a relação com os outros fatores. A agricultura atualmente está passando por profundas

mudanças. Normalmente estas mudanças se iniciam por substituição, o que consiste num grande erro. Pensar no manejo da cultura com o uso do controle biológico como uma forma de substituir o uso do controle químico faz com que grande parte das tentativas com o primeiro se tornem frustrantes, criando um estigma incurado sobre o uso de tais ferramentas que são essenciais se integradas numa lógica de manejo diferente. Para fins didáticos, foram separados alguns dos mecanismos de resistência às pragas e doenças do sistema solo-planta, em especial aqueles envolvendo a imunidade ativa e a defesa independente da planta.

O sistema de imunidade ativa é integrado por mecanismos de vigilância, detecção e ativação de resposta de defesa (JONES e DANGL, 2006), enquanto o sistema de defesa independente da planta consiste na supressão de pragas ou mesmo de infecções de microrganismos patogênicos através da produção de compostos voláteis e não-voláteis (GUETSKY et al., 2002).

A planta possui mecanismos de defesa imune contra muitos agentes estressores, e grande parte, senão todos, se dá por cascatas fisiológicas que são ativadas pelo estado oxidativo (potencial redox) das células nos tecidos vegetais (HUSSON et al., 2021). O reconhecimento da planta pelo ataque de microrganismos deletérios pode levar a ativação de uma defesa imune localizada, resultando na superoxidação do tecido circundante ao ataque. Uma espécie de sacrifício para salvar o tecido como um todo. Em outras circunstâncias, o metabolismo da planta é alterado, resultando na síntese de compostos secundários e outras substâncias estruturais, cuja função é restringir o ataque da praga, tornando a planta indigesta. O conjunto destas ferramentas é o que se considera como imunidade ativa, ou seja, aquela resposta fisiológica que faz a planta resistir aos ataques de agentes estressores. A ativação do sistema imune tem um preço no metabolismo da planta, pois parte da energia que poderia ser usada na produção de grãos é destinada ao metabolismo de defesa da planta. Neste sentido, todo o desenho

do sistema produtivo e do manejo se torna de extrema importância, incluindo-se a nutrição, estresse hídrico, temperatura, vento etc.

O sistema de defesa independente da planta pode ser considerado como aquele relacionado à capacidade dos agentes externos ao metabolismo da planta e pode ser tanto biótico, através das relações ecológicas e da cadeia trófica, os quais atuam no controle das populações e na incidência das pragas e doenças, como determinado por fatores abióticos, tais como eventos climáticos, estequiometria dos nutrientes do solo e até mesmo na forma de conduzir o manejo agrícola. Ou seja, o manejo (micro)biológico de pragas e doenças é realmente efetivo quando realizado na lógica holística do contexto de produção. Para isso é de vital importância buscar as causas das situações indesejáveis e desenvolver condições que diminuam sua influência no sistema em vez de reagir às consequências - que necessitam de uma interferência maior, gerando efeitos inesperados e negativos.

Dito isso, observa-se empiricamente que em sistemas manejados da forma mencionada acima, busca-se estimular processos em vez de depender de produtos, a pressão por pragas e doenças é substancialmente reduzida. Deve ser considerado o fato de que nenhuma mudança no sistema produtivo pode ser realizada de forma brusca. Em agricultura, é importante adotar o conceito de transição, sendo completamente impossível alterar todas as práticas de uma safra para a outra - substituindo o controle químico pelo biológico, por exemplo. Há que se desenvolver as condições para que o sistema se equilibre, as populações se diversifiquem e as plantas se tornem fisiologicamente robustas. Observando estes acontecimentos, então parte-se para a redução do uso dos inseticidas e nematicidas, porém sempre monitorando a lavoura através dos preceitos do manejo integrado de pragas e respeitando os limites de dano econômico. Não é incomum encontrar produtores que diminuem o uso de produtos químicos em 70% numa janela de 3 anos seguindo esta lógica.

3. PRÁTICAS GERAIS QUE AUXILIAM O MANEJO DE PRAGAS E DOENÇAS DO MILHO SAFRINHA

Não se deve confiar em panaceias e nem produtos milagrosos, porém observa-se que princípios abrangentes são importantes para que cada agricultor, conhecedor de seu contexto agrícola, possa se imbuir das melhores ferramentas possíveis para solucionar cada um dos seus problemas. Caminha-se em direção à construção da supressão a pragas e doenças adotando-se as seguintes bases:

3.1. Manejo da fertilidade

O excesso de nutrientes solúveis gera desequilíbrios metabólicos na planta e aumenta a exposição para a predação por pragas. No milho safrinha é comum o aumento da pressão logo após a adubação nitrogenada. O ideal seriam fontes de liberação progressiva ou orgânicas e o auxílio de inoculantes capazes de simbiose com as raízes na fixação de nitrogênio, como o caso do *Azospirillum*. Quando o uso da adubação nitrogenada solúvel for inevitável, o ideal é fracionar as aplicações, ou ainda, complexar os sais solúveis em compostos orgânicos.

Como regra geral, a base da nutrição da cultura deve ser de fontes insolúveis, passíveis de serem biodisponibilizadas por demanda da planta e mediadas pelo sistema vivo da rizosfera. Em sistemas equilibrados e resilientes, sais solúveis devem entrar como complemento. Fontes orgânicas e remineralizadores podem assumir papel relevante no sistema.

3.2. Cultivo mínimo

A intervenção mecânica no solo compromete a vida dele, reduz a diversidade, compromete a rede de hifas dos fungos, aumenta a possibilidade de compactação e aumenta a perda de carbono orgânico.

Em conjugação com diversificação de coberturas, a baixa interferência no solo vai fortalecer os sistemas de defesa da planta.

3.3. Manutenção do solo coberto

A manutenção da cobertura do solo melhora a atividade biológica do sistema e fornece carbono orgânico para o solo. A cobertura mantém maior estabilidade da temperatura e cria habitats para os inimigos naturais. Preferencialmente a biomassa para a cobertura deve ser do sistema de rotação com mix de cobertura e compatível com as condições locais e as culturas econômicas.

3.4. Sucessões de culturas

Em ambientes naturais, o solo é colonizado por uma diversidade de plantas que, por sua vez, propicia uma diversidade ainda maior de microrganismos no sistema. Essa diversidade espacial fortalece as interações entre os organismos e permite que o sistema mantenha um nível de equilíbrio das populações. No sistema de cultivo em monocultura, essa variabilidade espacial não é factível. No entanto, a diversidade do sistema pode e deve ocorrer na forma de variabilidade temporal através da sucessão programada de culturas. É importante considerar o manejo de sucessão de culturas que não se limite à rotação soja-milho. Também é importante que uma pequena parte da área total de cultivo seja conduzida com mix de plantas de cobertura. O aporte, mesmo que temporal, de carbono lábil das plantas compondo o mix, bem como a presença de carbono recalcitrante proveniente dessas fontes variáveis de plantas, torna o sistema mais resiliente e favorece o equilíbrio biológico como um todo.

3.5. Plantio consorciado

Diversificar as culturas no mesmo ciclo de cultivo significa aumentar a diversidade biológica da cadeia alimentar do solo. No caso de milho e leguminosas pode servir de fonte de nitrogênio, mas também pode melhorar a exploração do perfil de solo reciclando nutrientes e aumentando o acesso à água. Quando o manejo da cultura companheira não consegue evitar o sombreamento do milho, o agricultor pode lançar mão do uso de subdoses de herbicidas como regulador de crescimento. Nessas situações é importante associar os herbicidas em caldas de biológicos para aumentar a sua efetividade, bem como escolher moléculas que permitam a biorremediação para minimizar os efeitos de intoxicação das plantas de milho e o atraso no seu desenvolvimento.

3.6. Manejo das emergentes

Deve-se avaliar que níveis e qualidades das emergentes podem colaborar na redução de pragas. A princípio, a existência dessas plantas significa diversificação e, potencialmente, abrigo e alimento para inimigos naturais. Por outro lado, o uso indiscriminado de herbicidas compromete os desenvolvimentos das culturas de interesse, mesmo não sendo alvo direto de controle. Idealmente, a manutenção de uma parte das emergentes, em qualidade e quantidade adequadas, podem contribuir no manejo das pragas do milho.

3.7. Manejo da diversidade na paisagem

A diversidade biológica na escala da paisagem rural pode ser uma fonte essencial para o manejo das pragas através do controle biológico conservativo. O entorno dos talhões pode conter plantas que reconhecidamente funcionam como promotoras da sobrevivência, fecundidade, longevidade e eficiência de inimigos naturais. As áreas naturais remanescentes e recuperadas, conforme o Código Florestal,

podem servir de alimentador de diversidade. Sempre procure harmonizar o desenho de seus talhões com a continuidade de suas áreas de Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente. As ligações manterão uma dinâmica de vida que vai melhorar o desempenho de controle das pragas.

3.8. Agentes de controle biológico

Na classe dos agentes de controle biológico tem-se os macrorganismos e microrganismos. Os primeiros correspondem normalmente aos insetos denominados de inimigos naturais de pragas, e os segundos são compreendidos por bactérias, fungos, vírus, protozoários e nematoides. Cada grupo de organismos demanda cuidado específico e o manejo no campo deve sempre levar em consideração os processos que otimizam o desenvolvimento deles de forma natural. No entanto, em certas condições em que o ambiente atinge um nível elevado de disbiose, a reintrodução desses agentes de controle biológico se faz necessária. Esta reintrodução pode ocorrer por processos de inundação ou de forma paulatina e progressiva.

Atualmente, o Programa Nacional de Bioinsumos incentiva a multiplicação de macro e microrganismos ON Farm. A multiplicação, armazenamento e aplicação destes organismos na lavoura deve ser sempre realizada na presença de um profissional qualificado e com a infraestrutura necessária para alcançar os objetivos do manejo. Por se tratar de organismos vivos, cuidados extras devem ser obedecidos para aumentar a efetividade de sucesso do manejo. Por exemplo, microrganismos são muito sensíveis aos raios Ultravioleta (UV) e a aplicação destes deve ocorrer de preferência no entardecer ou no período da noite.

3.9. Condução de solo supressivo

O controle de pragas do solo, quando estas estão instaladas e causando danos econômicos na planta, pode ser extremamente difícil. As pragas do solo normalmente indicam o fato de que as condições para sua expressão na lavoura estão estabelecidas e são favoráveis ao desenvolvimento delas. Como a complexidade do sistema impede que se façam alterações bruscas em tais condições, fica-se somente com a possibilidade de atacá-las e exterminá-las. Porém, tal evento é aquele mais prejudicial ao agricultor: a solução do curto prazo que empobrece no longo prazo.

A exterminação dos inimigos naturais, o estresse induzido nas plantas pela alteração da microbiota do solo e a intoxicação do ambiente é a redução do capital que no futuro nos dará os juros - na nossa visão, um sistema resiliente capaz de manter uma boa produtividade média durante muitos anos mesmo em condições de alta adversidade. O manejo de pragas do solo expõe a importância da pesquisa e do entendimento dos processos que desenvolvem um solo supressivo às doenças (DA SILVA et al., 2018). Observa-se que tais processos possam gerar princípios para serem utilizados para o manejo preventivo de todas as pragas e doenças, pois solos supressivos criam plantas supressivas. Enfatiza-se ainda que isso não significa plantas imunes às pragas e doenças já que a agricultura, por caracterizar uma intervenção nos ambientes naturais, pode gerar desequilíbrios que levam ao surgimento de tais organismos. Por isso, recomenda-se uma abordagem que crie as condições para um solo bem estruturado, com boa troca gasosa, com boa umidade, com alta diversidade biológica, ocupados o máximo de tempo possível por plantas fotossinteticamente ativas e com boa quantidade e qualidade de nutrientes. Um solo supressivo a doenças retira as condições ótimas para a sobrevivência das pragas, aumenta os recursos e diminui as barreiras físicas e químicas para que seus preparadores possam prosperar e levar a população de tal praga a níveis equilibrados sem atingir o nível de dano econômico.

4. CONSIDERAÇÕES DE PRÁTICAS ESPECÍFICAS PARA O MANEJO DAS PRINCIPAIS PRAGAS DO MILHO

O presente tópico considera quatro das principais pragas do milho de acordo com a extensão e frequência da ocorrência. Descreve-se o que tem sido realizado por membros do Grupo Associado de Agricultura Sustentável (GAAS) no manejo da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*), nematóide das lesões (*Pratylenchus brachyurus*), e cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*).

4.1. Características e técnicas de manejo da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*)

Os manejos adotados para as lagartas-pragas do milho safrinha são praticamente idênticos. Atualmente, a lagarta-do-cartucho constitui a praga de maior importância econômica no milho, ocorrendo também em outras culturas de valor econômico. O fator que torna a lagarta-do-cartucho uma praga de importância central na cultura do milho é a sua capacidade de raspar as folhas e se alojar no cartucho, dificultando bastante o controle químico e biológico. Os danos podem comprometer em grande parte a produtividade da cultura, agravando-se principalmente em períodos de seca. Seu ciclo de vida gira em torno de 30 dias, porém a fase que gera grande preocupação é a de lagarta, compreendendo normalmente metade deste ciclo. Já a lagarta-da-espiga é igualmente uma praga não-seletiva que ataca diferentes culturas de importância econômica que não o milho. É preocupante, principalmente, não somente por atrapalhar o desempenho produtivo das plantas, mas justamente por ter preferência em atacar as partes comercializáveis das culturas, como grãos e frutos. No milho, a mariposa ovoposita o estigma (o cabelo do milho), eclodindo em aproximadamente 4 dias e se alimentam dos grãos e do estigma. Com ciclo de 45 dias, cada mariposa pode ovopositar cerca de 1.000 ovos, aumentando significativamente a capacidade de dano econômico no ciclo da lavoura.

Existem algumas práticas específicas sendo adotadas com bons resultados no campo. Nenhuma das práticas específicas mencionadas abaixo atinge o controle total da praga, por isso é recomendado o uso de mais de uma ferramenta no manejo das lagartas na cultura do milho safrinha.

O agente mais utilizado no controle da *Spodoptera frugiperda* é a bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). O *Bt* é uma bactéria Gram-positiva que ocorre naturalmente em diferentes habitats e que produz cristais protéicos Cry durante a fase estacionária e/ou de esporulação. O mecanismo de ação é relativamente conhecido (VALICENTE, 2008). Após a ingestão dos cristais proteicos Cry pela lagarta, ocorre a solubilização dos cristais no intestino médio. Proteases específicas atuam sobre a protoxina tornando-as toxinas menores e ativas, também conhecidas como delta-endotoxinas. Essas deltas-endotoxinas se aderem aos receptores do intestino médio e formam poros dentro da membrana apical da lagarta, impedindo o funcionamento do trato digestório. Consequentemente, a lagarta deixa de se alimentar e morre de fome dentro de um a três dias após a ingestão dos cristais. Tais proteínas atuam no sistema digestório dos insetos, sendo segura para mamíferos.

O *Bt* pode ser multiplicado e aplicado de forma isolada ou mesmo em associação com comunidades de microrganismos. Enquanto se pode seguir a recomendação de monitoramento e aplicação nos primeiros sinais de raspagem das folhas, no sistema sustentável a ação é unir a necessidade de inundação microbiológica em aplicações foliares, como forma de enriquecimento da microbiota da filosfera e do fornecimento de metabólitos e fitohormônios, com a aplicação preventiva de isolados, no caso o *Bt*. A aplicação pode ocorrer, dependendo da capacidade operacional e das possibilidades e infraestrutura para multiplicação, a cada 10 dias. Tal ação permite uma diminuição drástica no uso de inseticidas, chegando a 100%.

Outro agente importante de controle pertence ao grupo do vírus *Baculovirus*. A infecção se dá nas células epiteliais do intestino médio dos insetos, passando para outros tecidos e matando o inseto por

liquefação dos mesmos (Figura 1; VALICENTE e TUELHER, 2009). A Embrapa possui um banco com mais de 20 isolados coletados em diferentes localidades do Brasil. A eficiência de controle é grande, tanto em laboratório quanto em campo, porém há diversas observações a serem feitas para que a aplicação seja bem-sucedida. Ela deve ocorrer no final da tarde, com uma vazão de 200 L ha⁻¹ e utilizando-se espalhante adesivo. A aplicação deve ocorrer seguindo os primeiros sinais de raspagem da planta, aproveitando-se a fase a de maior suscetibilidade da lagarta.

Para prevenir o aparecimento de grandes populações desta praga no milho safrinha, o manejo com *Baculovirus* está sendo feito com bons resultados na cultura da antecessora ao milho. A importância deste manejo é tão grande que alguns produtores criaram espaços exclusivos para multiplicação dos vírus através da coleta de lagartas vivas no campo. A lagarta uma vez infectada é armazenada em baixas temperaturas. Utiliza-se um total de cinco lagartas infectadas por vírus para o manejo da praga em um hectare.



Figura 1. Corpo desintegrado da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) infectada por Baculovirus. Fonte: USDA.

As vespas *Trichogramma spp* e *Telenomus spp.*, que parasitam exclusivamente a espécie *S. frugiperda* (Figura 2), também apresentam boa eficácia de controle. Além dela, existem outras espécies de vespas

que podem ser úteis no controle biológico da lagarta, como *Campoletis spp.* O processo de multiplicação das vespas se dá em laboratório através da utilização de dietas especiais e hospedeiros específicos, o que vem sendo bastante desenvolvido nos últimos anos chegando a possibilitar inclusive a multiplicação na própria fazenda.

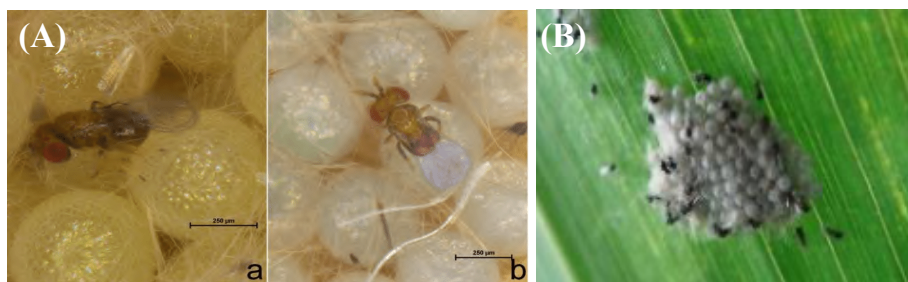


Figura 2. *Trichogramma* spp. (A) e *Telenomus* spp. (B) ovopositando ovos de *Spodoptera frugiperda*. Fonte: Zhu et al., 2019 e FAO PPD, 2020.

Muito utilizado entre os produtores de grãos, os fungos entomopatogênicos *Metarhizium rileyi* (sin. *Nomuraea rileyi*; Figura 3), *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* atuam sobre várias espécies de lagartas, incluindo *S. frugiperda*. Estes agentes de controle são multiplicados na própria fazenda em substrato de arroz para produção de conídios e até mesmo em meio líquido para a produção de clamidósporos. Ambas as estruturas são capazes de causar infecção na lagarta, mas para isto precisam estar em contato com ela. Aplicação no campo utilizando doses reduzidas (50 L ha^{-1}) devem ser evitadas, pois nem sempre a cobertura das estruturas de infecção do fungo sobre a praga é satisfatória. Estes fungos embora sejam considerados eficientes no controle de populações de várias lagartas, podendo causar epizootias, nem sempre são capazes de evitar o dano econômico, pois a lagarta não interrompe a alimentação de imediato. No entanto, os fungos entomopatogênicos podem ser eficientes na quebra do ciclo da praga.

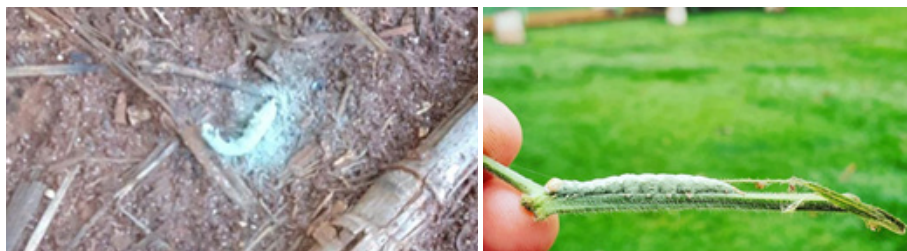


Figura 3. Lagarta infectada por *Nomuraea rileyi*. Fonte: Fazenda Sélia, Mineiros - GO.

Os inimigos naturais no controle da *Spodoptera frugiperda* também podem ser eficientes. As tesourinhas, como a *Doru luteipes* (Figura 4A), é conhecida por predação tanto os ovos como a fase mais jovem da lagarta. Também se tem nas joaninhas (Figura 4B), os crisopídeos e até mesmo em alguns percevejos bons aliados no controle natural da praga.

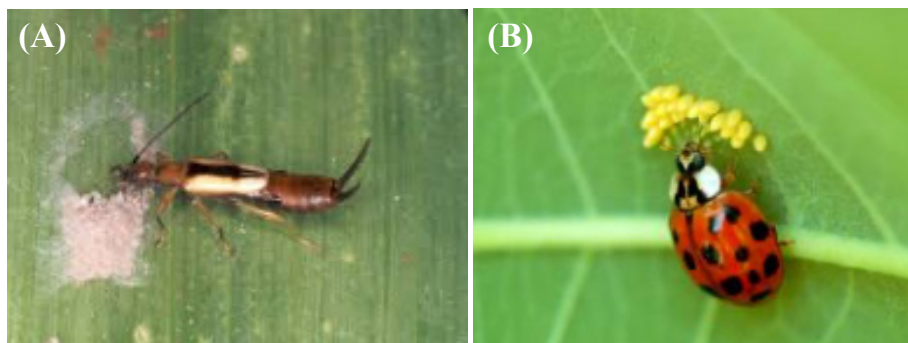


Figura 4. Insetos *Doru luteipes* (A) e joaninha (B) predando ovos de lagartas. Fonte: Embrapa, FAO e PPD, 2020.

Por fim, destaca-se a importância do perfil nutricional da planta, não somente em quantidade, mas em qualidade. Embora não seja uma ferramenta de manejo biológico, propriamente dito, a presença de silício no milho safrinha tem resultado no controle de lagartas mastigadoras. Apesar da importância deste elemento na nutrição vegetal estar sendo amplamente subestimado (EPSTEIN, 1994), percebe-se sua influência na defesa contra as pragas mastigadoras após o início da utilização de

remineralizadores nos sistemas produtivos. O elemento silício quando aplicado via foliar, ou mesmo através de remineralizadores no solo, entra no metabolismo da planta e ele é depositado na parede interna das células. O seu efeito abrasivo desgasta o aparelho mastigatório das lagartas (RODRIGUES et al., 2018), além das respostas adicionais que o Si dispara na planta contra os insetos mastigadores (SINGH et al., 2020).

4.2. Características e técnicas de manejo do nematóide das lesões (*Pratylenchus brachyurus*)

A infestação da cultura por *Pratylenchus brachyurus* é um claro indicador de que o sistema está entrando em colapso biológico. O controle químico de nematoides parasitoides sempre constitui um grande desafio aos agricultores por sua eficácia limitada, por seu curto efeito residual, por sua baixa seletividade e por seu alto nível de contaminação do solo, lençóis freáticos e cursos d'água. Como enfatizado acima, na agricultura sustentável prefere-se alterar o foco da perspectiva da remediação para a prevenção, lembrando que a remediação sempre custará mais caro em todos os quesitos.

Como remediação do problema, utiliza-se um conjunto de agentes biológicos, os quais são aplicados em jatos dirigidos no sulco de plantio do milho safrinha. Entre os agentes, têm-se as bactérias *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pasteuria nishizawae* e *Pasteuria penetrans*, os fungos ovicidas *Purpureocillium lilacinum* (sin. *Paecilomyces lilacinus*) e *Pochonia chlamydosporia* (sin. *Verticillium chlamydosporium*), bem como comunidades de microrganismos, sendo estas extraídas na forma de chá de compostos especialmente preparados (Figura 5) e chá anaeróbio com Microrganismos Eficazes (EM) coletados na própria propriedade e em vários ecossistemas. As espécies do gênero *Pasteuria* são parasitas obrigatórios, enquanto que as do gênero *Bacillus* atuam produzindo compostos com ação deterrentes, produção de substâncias antagonistas, produção de compostos com atividade antibiose e/ou mesmo degradando os compostos que normalmente

atraem os fitonematóides aos tecidos das raízes da planta hospedeira. Embora existam fungos predadores, tais como *Arthrobotrys dactyloides* que captura nematóides através de anéis constritores, *Dactylella candida* que forma anéis não constritores e nódulos adesivos, *Monacrosporium cionopagum* que forma ramos adesivos e redes adesivas tridimensionais e *Monacrosporium elliposporum* que forma nódulos adesivos e redes adesivas, estes são menos utilizados.



Figura 5. Extração de chá de composto seguindo a ordem cronológica no sentido horário com o início no canto superior esquerdo. Fonte: GAAS-Soil Food Web.

Além disso, encontra-se na literatura possíveis mecanismos que explicam a influência de fungos filamentosos, como *Trichoderma longibrachiatum*, *Trichoderma harzianum* e micorrizas, na supressão de fitonematóides através, por exemplo, da indução de resposta do sistema imune da planta via o estímulo das rotas de defesa do ácido jasmônico, salicílico e das estrigolactonas; a ativação e alteração do

transporte de metabólitos secundários; e mesmo pela competição por recursos (POVEDA et al., 2020).

4.3. Características e técnicas de manejo da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*)

A cigarrinha-do-milho é uma praga de grande importância por sua ação dupla: primeiramente, pelo impacto como praga sugadora que extrai seiva do floema, causando estresse na planta; e a segunda, por seu potencial como vetor das molliculites, semelhantes a bactérias, que causam o enfezamento - tanto o pálido quanto o vermelho. Novamente, a remediação é demasiadamente custosa. A infecção normalmente ocorre no estágio inicial de desenvolvimento da planta, porém a doença se torna visível somente na fase produtiva.

Dentro do arcabouço de ferramentas disponíveis para o manejo desta praga, além dos princípios citados acima, destaca-se a utilização dos fungos entomopatogênicos que controlam preventivamente a praga e devem ser utilizados desde o estabelecimento da cultura: *Isaria fumosorosea*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, Trichoderma.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que o grande diferencial de uma abordagem que inclua o controle biológico de pragas e doenças não são as ferramentas em si, mas sim o salto na perspectiva de manejo. A adesão à agricultura sustentável a partir de uma substituição das ferramentas da agricultura convencional leva à falência e à frustração. Por isso foca-se no presente artigo apresentar mais uma nova perspectiva do que as ferramentas em si, já listadas em diferentes materiais e de ampla divulgação. Se a ferramenta em si fosse a salvação, não se teria mais problema de pragas e doenças nas lavouras, tendo em vista seu grau de difusão e divulgação.

A nova agricultura demanda uma nova postura frente ao manejo: uma que compreenda o sistema agrícola como um sistema complexo, ou seja, aquele no qual não se pode prever claramente os resultados de nossas ações, nem no qual soluções simples e simplistas resolvam problemas; uma que não reduza o sistema a poucos produtos, poucos nutrientes, poucos seres vivos. E, principalmente, há que se conduzir o manejo de forma a maximizar os ganhos, porém a diminuir a dependência e a fragilidade do agricultor. Enquanto se precisar que tudo dê certo para que se tenha sucesso, a agricultura jamais sobreviverá como uma iniciativa rentável e próspera. Por isso, precisa-se construir a fertilidade do solo, o maior capital do agricultor. Há que aumentar a diversidade biológica, acima e abaixo do solo.

É imperativo construir uma cadeia antes e depois da fazenda que favoreça o agricultor e que seja capaz de disponibilizar serviços e insumos, de preferência regionalizado, de forma ágil e barata. É imperativo adaptar a genética do germoplasma disponível para que seja responsiva a diferentes formas e ferramentas de manejo, aumentando a chance de sucesso. E por fim, precisa-se estar pronto para se adotar as ferramentas de controle biológico acima citadas, de forma a tornar cada interferência cada vez mais precisa.

REFERÊNCIAS

DA SILVA, J. C. P.; DE MEDEIROS, F. H. V.; CAMPOS, V. P. Building soil suppressiveness against plant-parasitic nematodes. **Biocontrol Science and Technology**, v. 28, n. 5, p. 423-445, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1460316>.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 91(1). p. 11-17, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.91.1.11>.

FAO e PPD. **Manual on Integrated fall armyworm management**. Yangon, FAO, 2020. 50 p. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca9688en>.

GUETSKY, R.; SHTIENBERG, D.; ELAD, Y.; FISCHER, E.; DINOOR, A. Improving biological control by combining biocontrol agents each with several mechanisms of disease suppression. **Phytopathology**, v. 92, n. 9, p. 976-985, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2002.92.9.976>.

HASSANI, M. A.; DURÁN, P.; HACQUARD, S. Microbial interactions within the plant holobiont. **Microbiome**, 58, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0445-0>.

HUSSON, O.; SARTHOU, J.; BOUSSET, L.; RATNADASS, A.; SCHMIDT, H.; KEMPF, J.; HUSSON, B.; TINGRY, S.; AUBERTOT, J.; DEGUINE, J.; GOEBEL, F.; LAMICHLANE, J. R. Soil and plant health in relation to dynamic sustainment of Eh and pH homeostasis: A review. **Plant and Soil**, p. 1-57, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05047-z>.

JONES, J. D.; DANGL, J. L. The plant immune system. **Nature**, v. 444, p. 323-329, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature05286>.

POVEDA, J.; ABRIL-URIAS, P.; ESCOBAR, C. Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes by Filamentous Fungi Inducers of Resistance: Trichoderma, Mycorrhizal and Endophytic Fungi. **Frontiers in Microbiology**, 11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00992>.

RODRIGUES, P. D. F. M.; DE OLIVEIRA ARAÚJO, D. A.; ALMEIDA, S. M.; RODRIGUES, P. G. M.; BRITO, E. S. G.; RODRIGUES, T. T. M. S. Pragas e dano em milho adubado com remineralizador de solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, p. 630-636, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v13i5.6319>.

SINGH, A.; KUMAR, A.; HARTLEY, S.; SINGH, I. K. Silicon: its ameliorative effect on plant defense against herbivory. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, p. 6730-6743, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa300>.

VALICENTE, F. H. **Controle biológico da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com *Bacillus thuringiensis***. Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 105. 2008. 9 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/491764>.

VALICENTE, F. H. e TUELHER, E. S. **Controle biológico da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com baculovírus**. Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 114. 2009. 14 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/660134>.

ZHU, K. H., ZHOU, J. C., ZHANG, Z. T., ZHANG, C., CHE, W. N., ZHANG, L. S., e DONG, H. Parasitic efficacy and offspring fitness of *Trichogramma pretiosum* against *Spodoptera frugiperda* and *Spodoptera litura* at different egg ages. **Plant Protection**, v. 45, p. 54-59, 2019.

IX. ENFEZAMENTOS DO MILHO: BIOECOLOGIA DO INSETO-VETOR, SINTOMAS, DANOS E MANEJO

Charles Martins de **Oliveira** ⁽¹⁾

RESUMO

A cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott) é uma das pragas mais importantes na cultura do milho (*Zea mays* L.) na América Latina por sua capacidade de transmitir de forma eficiente os patógenos [maize bushy stunt phytoplasma (MBSP) e corn stunt spiroplasma - *Spiroplasma kunkelli* Whitcomb et al. (CSS)] associados aos enfezamentos do milho e a virose da risca (MRFV). Desde 2015 os enfezamentos do milho são uma das principais ameaças fitossanitárias ao cultivo desse cereal no Brasil. Neste capítulo estão reunidas as principais informações a respeito dos enfezamentos do milho e da cigarrinha *D. maidis*. São abordados aspectos como a bioecologia, as plantas hospedeiras, as estratégias de sobrevivência na entressafra do milho e as características da transmissão de fitopatógenos por *D. maidis*. São descritos os principais sintomas dos enfezamentos do milho e os danos provocados por essas doenças. Por fim, são apresentadas as principais práticas agrícolas que devem ser adotadas para o manejo das populações de *D. maidis* visando minimizar os prejuízos causados pelos enfezamentos do milho no Brasil.

Palavras-chave: inseto-vetor, doenças em milho, surtos epidêmicos.

⁽¹⁾ Engenheiro Agrônomo da Embrapa Cerrados, Rodovia BR 020 - km 18 (Brasília/ Fortaleza), Planaltina, Brasília-DF, 73310-970. charles.oliveira@embrapa.br

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott) (Hemiptera, Cicadellidae) é o único inseto-vetor capaz de transmitir de forma eficiente para as plantas de milho as bactérias responsáveis pelas doenças conhecidas como enfezamento pálido [*Spiroplasma kunkelii* Withcomb et al. (Corn Stunt Spiroplasma - CSS)] e enfezamento vermelho (Maize Bushy Stunt Phytoplasma - MBSP) e o vírus (Maize Rayado Fino Virus - MRFV) causador da doença conhecida como virose da risca. Por ser o vetor dos patógenos responsáveis pelas doenças que causam enormes danos ao cultivo desse cereal, *D. maidis* tem sido considerada uma das pragas mais importantes da cultura do milho em muitos países da América Latina (NAULT, 1980; NAULT, 1990).

Os enfezamentos são doenças sistêmicas e vasculares (floema) que afetam a fisiologia e a nutrição das plantas de milho, podendo causar perdas de mais de 70% na produção de grãos (SABATO, 2017). Registrados no Brasil há pelo menos 50 anos (COSTA et al., 1971), os enfezamentos do milho têm ocorrido em surtos epidêmicos esporádicos desde a década de 1990 (OLIVEIRA et al., 2012; SABATO, 2017). Entretanto, desde 2015 o cultivo do milho no Brasil tem apresentado perdas expressivas e sistemáticas em produção devido a estas doenças, em várias regiões dos estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, São Paulo (OLIVEIRA et al., 2020) e mais recentemente nos estados do sul do país (Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina).

Neste capítulo serão abordados aspectos relativos à bioecologia da cigarrinha-do-milho, possíveis plantas hospedeiras para esse inseto, estratégias de sobrevivência na entressafra do milho e características da transmissão dos fitopatógenos. Serão descritos os sintomas e os danos provocados pelos enfezamentos do milho e quais as principais práticas agrícolas que devem ser adotadas para manejo do inseto-vetor e dessas doenças.

2. ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DA CIGARRINHA-DO-MILHO

A cigarrinha-do-milho apresenta entre 3,7 a 4,3 mm de comprimento, coloração amarelo-palha, sendo as fêmeas maiores que os machos (Figura 1A). Os adultos possuem duas manchas circulares negras bem-marcadas na coroa (Figura 1B) (OLIVEIRA, 1996; OLIVEIRA et al., 2004). Em plantas jovens se localizam, principalmente, no interior do cartucho (Figura 1C) e em plantas adultas se distribuem nas folhas tanto na parte abaxial como na parte adaxial.

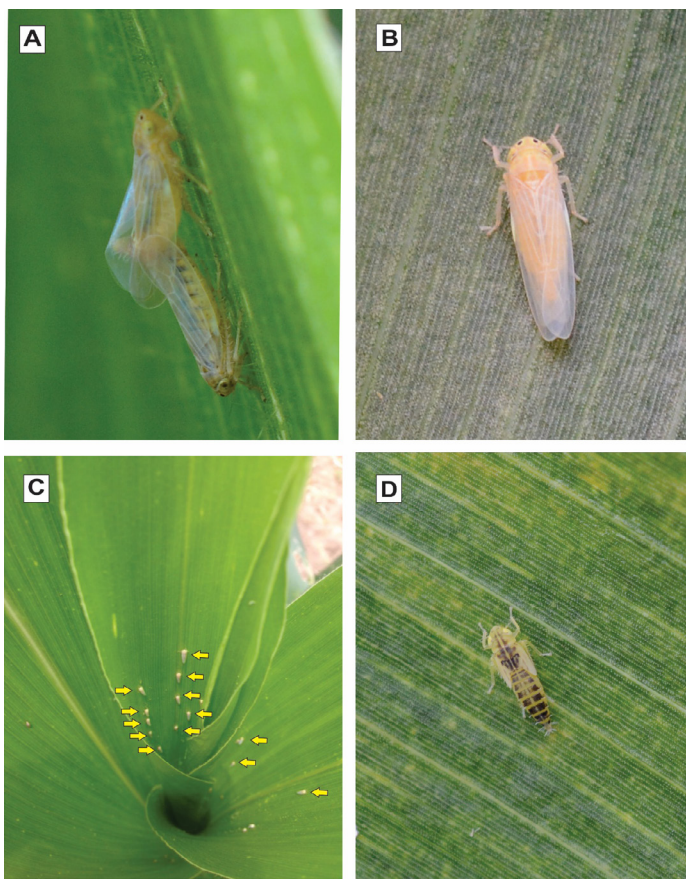


Figura 1. Cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae): A) adultos em cópula (fêmea em cima e macho em baixo); B) adulto; C) presença de adultos no cartucho do milho (setas amarelas indicam adultos de *D. maidis*; e D) ninfa.

Dalbulus maidis é uma espécie tipicamente estrategista (espécie que se adapta rapidamente a novos ambientes, apresenta curto tempo de geração, altas taxas de crescimento e corpo pequeno) e os dados disponíveis sobre a biologia dessa espécie apresentam grandes variações, dependendo de fatores como a temperatura, híbrido de milho, variações intrapopulacionais, e metodologia de estudo utilizada.

Os ovos apresentam coloração branca, medem cerca de 1,3 mm e são inseridos pela fêmea nos tecidos das plantas sob a camada epidérmica do limbo foliar, ou na nervura central da folha, em posição horizontal. Entre 23 e 26 °C, o período embrionário pode variar de cinco a oito dias (DAVIS, 1966; MARÍN, 1987; WAQUIL et al., 1999). Em geral, a espécie passa por cinco instares (Figura 1D). Em estudos realizados no Brasil, com seis híbridos de milho, em temperatura de cerca de 26 °C, a duração do período ninfal variou de 24,5 a 27,1 dias (ZURITA V et al., 2000). Porém em outros estudos em temperaturas entre 23 e 27 °C o intervalo de variação foi de cerca de 12 a 16 dias (MARÍN, 1987; TSAI, 1988; WAQUIL et al., 1999).

A longevidade dos adultos é muito variável dentro de uma mesma população de cigarrinhas (WAQUIL et al., 1999). Em estudos de laboratório, a longevidade média de adultos, mantidos entre 26 e 27 °C, foi de 51,4 a 77,5 dias (TSAI, 1988; WAQUIL et al., 1999). Em populações mantidas a 26 °C, observaram-se indivíduos que viveram menos de 20 dias e outros cuja longevidade foi superior a 110 dias (WAQUIL et al., 1999). Machos e fêmeas têm maior longevidade em temperaturas mais baixas (≈ 15 °C) e menor em temperaturas mais elevadas (≈ 32 °C). Fêmeas virgens têm longevidade de 1,6 (≈ 15 °C) a 2,7 (≈ 32 °C) vezes maior que fêmeas fecundadas (TSAI, 1988).

Dalbulus maidis apresenta um período de pré-oviposição de 8,5 dias e o período de oviposição é de 29,6 dias (MARÍN, 1987). A fecundidade pode variar de 128,7 a 611,1 ovos por fêmea, em temperatura de cerca de 23 °C (MARÍN, 1987) e 27 °C (TSAI, 1988), respectivamente.

As grandes variações encontradas para os dados biológicos de *D. maidis* indicam a necessidade de novos estudos com essa espécie no Brasil, utilizando híbridos atualmente cultivados e em condições climáticas (temperatura e umidade relativa) mais próximas daquelas encontradas nas principais regiões produtoras. O uso de temperaturas variáveis, simulando as temperaturas noturnas e diurnas podem trazer dados mais confiáveis sobre a biologia do inseto-vetor.

3. PLANTAS HOSPEDEIRAS

Dalbulus maidis é uma espécie oligófaga, que utiliza o milho como sua planta hospedeira principal. No México e na América Central esta espécie pode também se alimentar e se reproduzir em espécies do gênero *Tripsacum* como, por exemplo, *T. dactyloides* (L.), *T. pilosum* Scribner e Merrill e *T. lanceolatum* Rupr. ex Fourn (NAULT e DELONG, 1980; NAULT et al., 1983; TSAI, 1988; NAULT, 1990), e também em algumas espécies do gênero *Zea* como *Z. diploperennis* Iltis, *Z. perennis* (Hitchcock), *Z. mays* spp. *mexicana* (raça Chalco) e *Z. luxurians* (Durieu e Ascherson), além de *Euchlaena mexicana* Schrad (KUNKEL, 1948; PITRE, 1967; NAULT e DELONG, 1980; TSAI, 1988; NAULT, 1990).

Em condições experimentais, já foi observado que *D. maidis* é capaz de ovipositar em 26 espécies de gramíneas (PITRE, 1967) e até em plantas de outras famílias botânicas como em calêndulas (KUNKEL, 1948). Porém, em nenhuma dessas plantas os insetos alcançaram a fase adulta, sendo observadas altas taxas de mortalidade ainda no primeiro instar (PITRE, 1967). No Brasil, a oviposição em plantas de sorgo (WAQUIL et al., 1999) e em milheto (SABATO et al., 2018a) já foram registradas, entretanto, a cigarrinha-do-milho também não foi capaz de completar seu ciclo biológico.

A sobrevivência de adultos de *D. maidis* tem sido frequentemente observada em outras plantas que não o milho, em campo, por períodos

de alguns meses (STONER, 1965; TSAI e DELONG, 1989; LARSEN et al., 1992; VIRLA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2020), e em condições de confinamento, por curtos períodos de tempo (KUNKEL, 1948; PITRE, 1967; HAAS, 2005; RAMOS, 2016; SABATO et al., 2018a; OLIVEIRA, 2019). Não há, porém, evidências de que estas plantas sejam hospedeiras de *D. maidis*, sugerindo que estas espécies funcionem como plantas abrigo para o vetor, fornecendo proteção e alimentação.

Assim, no Brasil, como outras espécies do gênero *Zea* e plantas do gênero *Tripsacum* não ocorrem naturalmente como em diversos países da América latina, *D. maidis* tem como sua única planta hospedeira o milho.

4. COMO *DALBULUS MAIDIS* SOBREVIVE NA ENTRESSAFRA DO MILHO?

Para insetos oligófagos como *D. maidis*, que utilizam plantas cultivadas anuais de ciclo relativamente curto, como o milho, o período entre a colheita e o plantio de uma nova safra (entressafra) pode representar um sério obstáculo dentro de seu ciclo de vida. A entressafra, período em que a(s) fonte(s) de recursos para abrigo, alimentação e/ou reprodução estão indisponíveis, ou escassamente distribuídas, se constitui em uma fase crítica para a sua sobrevivência. A sobrevivência das espécies de insetos durante a ausência de seu hospedeiro principal pode envolver basicamente três caminhos: diapausa (TOUGERON, 2019), utilização de hospedeiros alternativos (BARNES, 1954; NAULT, 1985) ou migração (CHAPMAN et al., 2015). Entretanto, essas alternativas geralmente não são adotadas como estratégias únicas pelas espécies, podendo ser utilizadas de forma complementar.

No Brasil, estudos tem apontado que a cigarrinha-do-milho não apresenta diapausa como uma estratégia de sobrevivência no período de entressafra da cultura (OLIVEIRA et al., 2013). A migração a longas

distâncias, a utilização de plantas voluntárias de milho ou “tigueras” (plantas de milho nascidas de sementes ou espigas deixadas no campo após a colheita) (OLIVEIRA et al., 2013) e a permanência em plantas abrigo (principalmente gramíneas) (OLIVEIRA et al., 2020) são os principais mecanismos utilizados por essa espécie para sobreviver nos períodos em que o milho não é plantado em determinada região.

Estudos ecológicos realizados no estado do Mato Grosso do Sul indicaram que as populações de *D. maidis* são capazes de colonizar novos plantios de milho, mesmo que essas áreas estejam a mais de 20 km de distância de outros plantios de milho que funcionariam como fonte das populações do vetor. O deslocamento e a localização dessas novas áreas de plantio ocorre pela migração das populações de *D. maidis*, provavelmente, utilizando correntes de vento (OLIVEIRA et al., 2013) e, a taxa de infectividade dos adultos com os patógenos (fitoplasma e espiroplasma), pode variar de 1 a 20%, sugerindo também que o inseto-vetor representa um reservatório natural desses patógenos durante o período de entressafra do milho, sendo o responsável pela disseminação dos enfezamentos a longas distâncias (OLIVEIRA et al., 2002a). Adicionalmente, estudos utilizando marcadores moleculares com espécimes de *D. maidis* coletados em diferentes áreas, fases do ciclo de cultivo de milho e épocas do ano, mostraram que as populações de cigarrinhas são geneticamente muito similares, reforçando a hipótese de uma estratégia migratória para *D. maidis* (OLIVEIRA et al., 2013). A migração tende a aumentar o fluxo gênico entre as populações, contribuindo para a manutenção da variabilidade genética e falta de correlação entre a genética e a origem geográfica das populações (HOOLE et al., 1999).

As plantas voluntárias de milho representam atualmente a principal estratégia utilizada por *D. maidis* para a sua sobrevivência no período de entressafra do milho no Brasil. Diversos estudos tem demonstrado que as populações de *D. maidis*, após a colheita desse cereal, migram localmente para as plantas voluntárias de milho e permanecem nestas plantas até as novas semeaduras (SUMMERS et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2013; SABATO et al., 2018b). No Brasil

a importância das plantas tigueras como fontes de populações de *D. maidis* é conhecida desde a década de 1950 (COSTA, 1957). Entretanto, o papel epidemiológico dessas plantas vai além de simplesmente fornecer abrigo e alimentação para as populações da cigarrinha-do-milho. Quando cigarrinhas infectantes (fitoplasma e/ou espiroplasma), se movimentam entre as plantas voluntárias de milho para ovipositar e para se alimentar, ocorre transmissão dos patógenos para todas as plantas. A população de ninfas resultante adquire esses patógenos originando populações de insetos adultos infectantes. Esse fato sugere a grande importância das plantas voluntárias de milho para o aumento das populações do inseto-vetor e do inóculo dos patógenos para os cultivos posteriores (SABATO et al., 2018b).

Recentemente, estudos realizados a campo no Brasil, demonstraram que adultos de *D. maidis* são capazes de sobreviver em gramíneas, incluindo trigo (*Triticum aestivum* L.), capim colônio (*Panicum maximum* Jacq.), *Digitaria* sp., *Setaria* sp., milheto (*Pennisetum glaucum* L.), *Eleusine coracana* (L.) Gaertn. e *Brachiaria* spp., por períodos de 2 a 3 meses na ausência de plantas de milho (OLIVEIRA et al., 2020). Embora não haja evidências de que essas plantas permitam a reprodução da cigarrinha-do-milho, essas gramíneas são amplamente distribuídas no Brasil, sugerindo que desempenham um papel importante como reservatório de *D. maidis* durante a entressafra do milho.

5. CARACTERÍSTICAS DA TRANSMISSÃO DE FITOPATÓGENOS POR *D. MAIDIS*

A cigarrinha-do-milho e os patógenos, mollicutes (fitoplasma e espiroplasma) e vírus (MRFV), apresentam uma relação do tipo persistente e propagativa (NAULT, 1980). Neste tipo de relação o inseto adquire os fitopatógenos em plantas infectadas, esses passam para a hemolinfa através do epitélio do sistema digestivo, e se multiplicam em quase todos os órgãos do vetor, principalmente nas glândulas salivares,

de onde são inoculados nas plantas, durante a alimentação. Assim, o ciclo dos enfezamentos causados pelos mollicutes completa-se pelo desenvolvimento da doença nas plantas de milho desde os estádios iniciais, com expressão dos sintomas nas plantas em fase de produção (OLIVEIRA et al., 2002b) e disseminação desses patógenos pelo inseto-vetor, que os adquire nas plantas doentes e infecta plântulas sadias de outras lavouras.

Os períodos de tempo para a aquisição, latência, inoculação e retenção no vetor são dependentes da temperatura e variáveis para os fitopatógenos. Por exemplo, o fitoplasma pode ser adquirido após 2 h de alimentação de *D. maidis* em planta infectada (LEGRAND e POWER, 1994); o período latente varia de 22-28 dias (NAULT, 1980); a inoculação se dá a partir de 0,5 h de alimentação (LEGRAND e POWER, 1994); e a retenção no vetor pode variar de 29-48 dias (MOYA-RAYGOZA e NAULT, 1998).

O espiroplasma pode ser adquirido por *D. maidis* a partir de 1 h de alimentação em planta infectada (ALIVIZATOS e MARKHAM, 1986a); o período latente pode variar de 17-23 dias (NAULT, 1980); a inoculação ocorre após 1 h de alimentação (MARKHAM e ALIVIZATOS, 1983); e a retenção no vetor é de aproximadamente 42 dias (ALIVIZATOS e MARKHAM, 1986a, b).

Para MRFV, observa-se um período mínimo de alimentação de 6 h em planta infectada para a aquisição do vírus (PANIAGUA e GÁMEZ, 1976); o período latente varia de 8-22 dias (GONZALES e GÁMEZ, 1974); o tempo mínimo de alimentação para a inoculação é de 8 h (PANIAGUA e GÁMEZ, 1976); e *D. maidis* pode reter a infectividade por até 20 dias (BRADFUTE et al., 1980).

Para os três fitopatógenos não há evidência de transmissão transovariana (GONZALES e GÁMEZ, 1974; ALIVIZATOS e MARKHAM, 1986a), e geralmente as ninfas os adquirem com maior eficiência do que os adultos (NAULT et al., 1980; MOYA-RAYGOZA e NAULT, 1998). As fêmeas são mais eficientes na transmissão desses patógenos (GONZALES e GÁMEZ, 1974; ALIVIZATOS e MARKHAM, 1986a; MOYA-RAYGOZA e NAULT, 1998) e a taxa de

transmissão decresce com a idade do vetor (NAULT e BRADFUTE, 1979; MARKHAM e ALIVIZATOS, 1983; MOYA-RAYGOZA e NAULT, 1998).

6. ENFEZAMENTOS DO MILHO

As doenças conhecidas como enfezamentos do milho são causadas por dois microrganismos da classe Mollicutes (mollicutes em português), chamados de *Spiroplasma kunkelii* Whitcomb et al. (Mollicutes-Spiroplasmataceae) associado ao enfezamento pálido (Figura 2A e B), e maize bushy stunt fitoplasma (MBS-fitoplasma) associado ao enfezamento vermelho (Figura 2C e D) (WHITCOMB et al., 1986; BEDENDO et al., 1997). Ocorrendo apenas no continente americano, esses microrganismos, geralmente referidos apenas por espiroplasma e por fitoplasma, são procariontes sem parede celular transmitidos de forma persistente-propagativa por espécies de cigarrinhas (NAULT, 1980). No Brasil, o único vetor conhecido desses patógenos é a cigarrinha-do-milho *D. maidis*. Os enfezamentos foram descritos pela primeira vez no Brasil, na década de 1970.

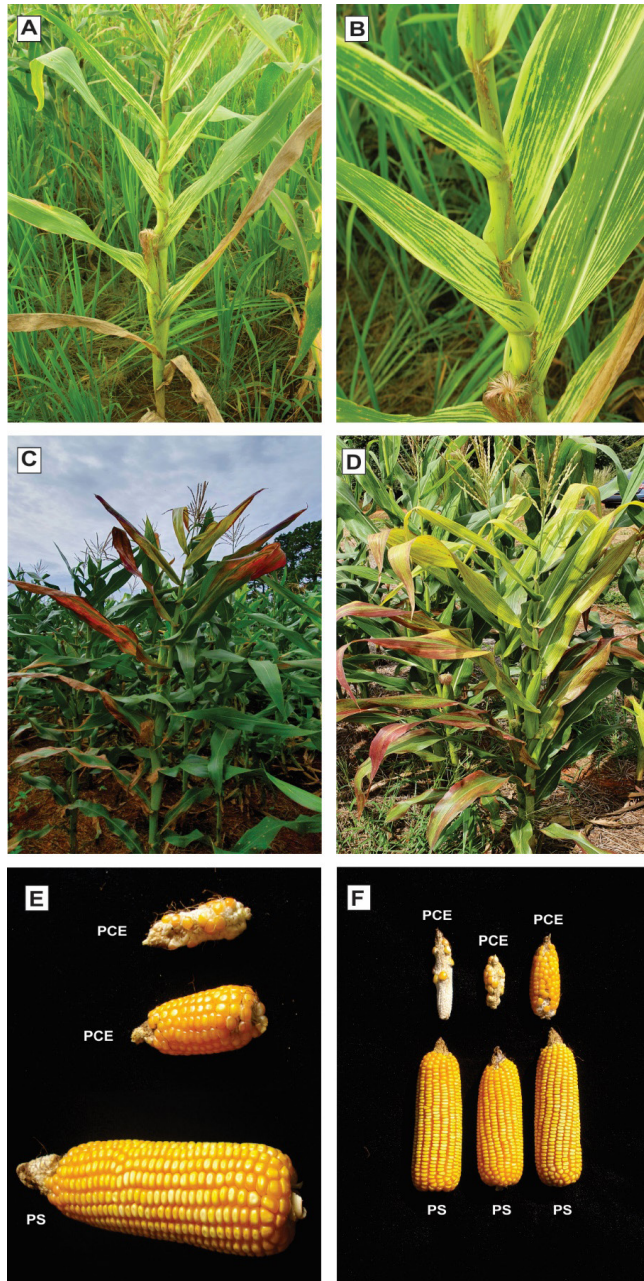


Figura 2. Sintomas foliares em plantas de milho com enfezamento: A e B - enfezamento pálido (CSS - *Spiroplasma kunkelli* Whitcomb et al.) e C e D - enfezamento vermelho (MBSP). Danos das espigas provocados pelos enfezamentos: E e F (PCE: espigas provenientes de plantas de milho com sintomas de enfezamentos e PS: espigas provenientes de plantas de milho saudias). Foto: Oliveira, C. M.

6.1. Sintomas

Em campo, os sintomas dos enfezamentos manifestam-se caracteristicamente, e em maior intensidade, na fase de produção das plantas de milho (OLIVEIRA et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2015; MASSOLA JÚNIOR et al., 1999). Esses sintomas são bastante variáveis e dependem do híbrido ou variedade de milho utilizada, da fase em que as plantas de milho foram infectadas, sendo os sintomas mais intensos quanto mais cedo as plantas forem inoculadas; e das condições climáticas, sendo a multiplicação dos patógenos, em geral, favorecida por temperaturas mais elevadas.

Para o enfezamento pálido as manchas cloróticas e independentes, produzidas na base das folhas que, posteriormente, coalescem e formam bandas grandes são sintomas que permitem a identificação inequívoca da doença. Além disso as plantas podem apresentar redução nos entrenós ficando a planta com altura reduzida. O enfezamento vermelho caracteriza-se pela maior intensidade da cor vermelha, que chega a ser púrpura nas folhas mais velhas, e por abundante perfilhamento nas axilas foliares e na base das plantas (BASCOPE-QUINTANILLA, 1977).

Entretanto, os sintomas de enfezamentos observados em cultivares de milho melhoradas para a produção de grãos são, em geral, menos drásticos com relação à altura de plantas e ausência de perfilhamento. De uma maneira geral, no campo, as plantas doentes apresentam apenas folhas avermelhadas ou amareladas, marcadamente nas margens e na parte apical, e clorose entre as nervuras secundárias. As margens das folhas podem secar. Entretanto, não é possível diferenciar visualmente entre os dois tipos de enfezamento com base apenas nos sintomas foliares, havendo a necessidade da realização de testes moleculares (Polimerase Chain Reaction - PCR) (SABATO, 2017).

Os sintomas dos enfezamentos aparentemente estão diretamente relacionados a alterações bioquímicas e fisiológicas causadas pela infecção dos mollicutes, como descolorações, em razão dos danos nos cloroplastos, e avermelhamento pela produção de antocianinas. A seca

precoce das plantas, no estágio de enchimento de grãos (OLIVEIRA et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2002c), é, provavelmente, decorrente do dreno dos fotossintatos para o enchimento dos grãos que a planta consegue produzir, e da rápida perda da água acumulada nos tecidos. Com relação à produção, pode ocorrer a proliferação de espigas, geralmente de menor tamanho e com grãos pequenos, esparsos e chochos (Figura 2E e F) (SABATO, 2017).

6.2. Danos provocados pelos enfezamentos

Adultos de *D. maidis* se estabelecem em plântulas de milho, transmitem os patógenos causadores dos enfezamentos e do MRFV e são capazes de manter altas populações durante todo o ciclo da cultura (TODD et al., 1991; MENESES et al., 2016). Os danos provocados por essas doenças podem ser bastante severos em áreas cultivadas com variedades suscetíveis e, em especial, onde o milho é cultivado durante todo o ano, principalmente se as plantas forem infectadas ainda no estágio de plântula (OLIVEIRA et al., 2002c, 2015; SABATO, 2017).

No Brasil os prejuízos provocados pelos enfezamentos têm sido mais comuns nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul. Na década de 1990 alguns estudos realizaram levantamentos da incidência e danos provocados pelos enfezamentos e pelo MRFV. No estado de Minas Gerais foi observada alta incidência dos enfezamentos com prejuízos de até 100% da produção (OLIVEIRA et al., 1995) e incidência de MRFV de até 96,0% que resultou em quebra na produção da ordem de 28,6% (WAQUIL et al., 1996). Em Goiás, ensaios com diversos híbridos apontaram a susceptibilidade de alguns materiais que apresentaram até 47% de incidência dos enfezamentos (OLIVEIRA et al., 1995). No Paraná observaram-se incidência de MRFV de cerca de 25% (KITAJIMA e NAZARENO, 1985) e de enfezamentos que variou de 6,2% a 49,9%, com prejuízos causados estimados em 16,5 milhões de dólares na safra 2001/02 (OLIVEIRA et al., 2003). Estimativas indicam que para cada 1% na incidência dos enfezamentos há uma redução na

produção da ordem de 0,8% para híbridos susceptíveis (MASSOLA JÚNIOR et al., 1999).

Estudos mais recentes têm apontado altas incidências e elevadas perdas provocadas pelos enfezamentos no Brasil. Em Minas Gerais o CSS apresentou incidência que variou de 15,7% a 77,5% e os danos à produção foram estimados entre 60,7% e 84,1% (SABATO et al., 2013). Em estudos realizados na Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Paraná a incidência do MBSP foi de 40%, por CSS de 35% e por ambas as doenças de 25% (GALVÃO et al., 2021). Em Tocantins 30 híbridos comerciais de milho foram testados e a incidência média de enfezamentos nesses híbridos variou de 2,0% a 65,8%. Os materiais com maior susceptibilidade sofreram uma quebra de aproximadamente 30% em relação aos híbridos mais resistentes (COSTA et al., 2019). Diferentemente dos surtos epidêmicos que ocorreram antes de 2015, que foram pontuais e geralmente em apenas uma safra, nas últimas 6 safras a abrangência dos enfezamentos tem sido ampla e recorrente (OLIVEIRA et al., 2020) envolvendo principalmente os estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

6.3. Estratégias de manejo dos enfezamentos e das populações de *Dalbulus maidis*

Os enfezamentos do milho se constituem em um patossistema complexo em função das diversas interações entre o inseto-vetor, patógenos, planta hospedeira e o ambiente. Para essas doenças, até o momento, não estão disponíveis nenhuma medida curativa. O manejo dos enfezamentos, baseado no conhecimento científico atual, é focado na adoção de um conjunto de práticas agrícolas que visam a redução populacional do inseto-vetor e do inóculo dos patógenos dentro da paisagem agrícola regional reduzindo os riscos de danos provocados por essas doenças (SABATO et al., 2014; OLIVEIRA e SABATO, 2017; SABATO e OLIVEIRA, 2019; ALVES et al., 2020).

Com base no conhecimento das estratégias de sobrevivência das populações de *D. maidis* durante o período de entressafra (OLIVEIRA et al., 2013), a eliminação das plantas voluntárias de milho, antecedendo a semeadura, se constitui em uma das principais medidas de manejo para os enfezamentos (SABATO et al., 2014; SABATO e OLIVEIRA, 2019; ALVES et al., 2020). As plantas voluntárias de milho são a principal fonte de adultos de *D. maidis* e de inóculo do patógeno os novos plantios de milho (SABATO et al., 2018b). As estratégias utilizadas por *D. maidis* para sobreviver à entressafra do milho e posteriormente colonizar novos plantios têm um impacto significativo na epidemiologia e no manejo dos enfezamentos. Informações sobre essas estratégias podem contribuir para o desenvolvimento de novas medidas de controle desse vetor e reduzir as perdas causadas pelas doenças.

Os enfezamentos são doenças que apresentam um ciclo longo. Os patógenos (fitoplasma e espiroplasma) necessitam de um período de vários meses para se multiplicarem e para que o seu título no interior da planta atinja níveis capazes de causar prejuízos econômicos. Dessa forma, quanto mais precoce for a infecção das plantas, maiores serão as perdas na produção (SABATO, 2017). Com base nessas informações, a fase inicial da cultura do milho representa o período crítico para a proteção das plantas contra a infecção pelos patógenos (MASSOLA JÚNIOR et al., 1999). Visando minimizar a infecção precoce das plantas é recomendável a utilização do tratamento inseticida das sementes de milho e a pulverização das plantas com inseticidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimentos (MAPA) entre a emergência e o estágio V8, visando reduzir a população do inseto-vetor e a taxa de transmissão dos patógenos (SABATO et al., 2014; SABATO, 2018; SABATO e OLIVEIRA, 2019; ALVES et al., 2020), sendo importante, no entanto, a rotação de princípios ativos dos inseticidas usados, visando evitar o desenvolvimento de resistência por parte das populações da cigarrinha-do-milho (ALVES et al., 2020) aos produtos disponíveis no mercado. Atualmente produtos à base de fenilpirazol, metilcarbamato, neonicotinóide, piretróide e organofosforado, com ação sistêmica, de contato e/ou por ingestão estão registrados para

controle de *D. maidis*. Por se tratar de um inseto sugador, os produtos sistêmicos parecem ser os mais recomendados para o manejo do vetor. Vale ressaltar também, que por se tratar de um inseto-vetor, não há como determinar o nível de dano econômico e o nível de controle, uma vez que os danos provocados pelas doenças, cujos patógenos são transmitidos por esses insetos, não são proporcionais ao tamanho da população e sim à taxa de infectividade das populações. Assim, o controle deve ser iniciado ao se constatar a presença de adultos de *D. maidis* nas fases iniciais da cultura.

Embora diversos inimigos naturais da cigarrinha-do-milho, como parasitoides de ovos, ninfas e adultos ou predadores, sejam conhecidos (QUERINO et al., 2017), o controle biológico aplicado para esse inseto-vetor tem sido implementado apenas por meio do uso de fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin e *Isaria fumosorosea* Wize (ifr). Diferentemente dos inseticidas químicos, os fungos possuem uma ação mais lenta e seu uso representa uma alternativa para a redução das populações de *D. maidis*, retardando o aumento populacional do vetor durante o ciclo da cultura e minimizando os fluxos migratórios do inseto-vetor, que ocorrem quando as plantas de milho se tornam mais velhas, reduzindo assim os efeitos de concentração das populações de *D. maidis* em plantios subsequentes (plantios tardios).

Como os híbridos comerciais de milho apresentam diferentes graus de resistência/tolerância aos enfezamentos, a semeadura de híbridos mais resistentes/tolerantes a essas doenças também pode reduzir os riscos de perdas na produção. Estudos têm demonstrado que, sob as mesmas condições, alguns híbridos podem apresentar menos de 10% de incidência de enfezamentos enquanto outros podem atingir mais de 65% de plantas infectadas (COSTA et al., 2019).

De forma geral, os maiores danos causados pelos enfezamentos ocorrem em plantios tardios, muitas vezes com escalonamento de semeadura (OLIVEIRA et al., 2002c, 2015; SABATO, 2017). Esse fato já havia sido observado no Brasil desde a década de 1970 (COSTA

et al., 1971). Em função da capacidade migratória de *D. maidis* e de sua preferência por plantas mais jovens (OLIVEIRA et al., 2013), populações do inseto-vetor sempre abandonam plantios mais velhos e colonizam os plantios mais novos, causando um efeito de concentração tanto das cigarrinhas como dos patógenos nesses plantios tardios (OLIVEIRA et al., 2015). Por esse motivo a semeadura de novas áreas de milho próximas a plantios mais velhos, com sintomas dos enfezamentos, sempre deve ser evitada (SABATO et al., 2014; SABATO, 2018; ALVES et al., 2020).

O escalonamento de plantios e janelas de semeadura muito amplas permitem a permanência de plantas de milho no campo por mais tempo, reduzindo os períodos de entressafra, essenciais para a diminuição da população do vetor, e proporcionando uma “ponte verde” que mantém as populações de *D. maidis* localmente (SABATO et al., 2014; ALVES et al., 2020). A redução das janelas de semeadura parece ser um ponto essencial para permitir a redução das populações de *D. maidis* durante a entressafra do milho.

Durante a colheita do milho, o uso de máquinas mal reguladas pode resultar em perdas tanto de espigas como de sementes, e a dispersão de grãos de milho durante o transporte também é muito comum. No Brasil, estimativas apontam que as perdas de grãos durante a colheita podem alcançar entre 7,3% a 8,2% (LOUREIRO et al., 2012) e cerca de 0,10% de grãos de milho são perdidos durante o transporte (PEREIRA et al., 2019). As sementes de milho que permanecem no campo após a colheita e/ou são dispersadas durante o transporte, ao encontrar a umidade adequada germinam e dão origem às plantas voluntárias de milho. Assim, a redução das perdas de grãos na colheita e no transporte se constitui em uma estratégia para a minimizar a disseminação de plantas voluntárias de milho nas regiões produtoras de milho no Brasil.

Além disso, como a cigarrinha-do-milho é capaz de sobreviver em muitas espécies de gramíneas por períodos prolongados de tempo (OLIVEIRA et al., 2020), após o cultivo do milho não é recomendado semeadura de gramíneas (ALVES et al., 2020). Embora não se tenha

estudos específicos sobre esse tema o consórcio de braquiária com o milho pode representar algum risco, já que as populações de *D. maidis* podem se abrigar nessa gramínea na entressafra. Estudos futuros devem investigar a possibilidade de manejar as populações de *D. maidis* em braquiária antecedendo a semeadura do milho.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os surtos epidêmicos dos enfezamentos do milho e os altos níveis populacionais de *D. maidis* observados em diversas regiões do Brasil desde 2015 não parecem ser um problema esporádico e passageiro, resultado de um desequilíbrio pontual. As mudanças no sistema de produção de milho experimentadas nos últimos anos, com aumento crescente de área plantada, amplas janelas de plantio, diversificação de épocas de semeadura, disseminação de plantas voluntárias de milho, são uma realidade consolidada. Infelizmente essas condições favorecem de sobremaneira a manutenção e, muitas vezes, o aumento das populações do vetor, por reduzir os períodos de entressafra. A entressafra é o principal modulador das populações de *D. maidis*, já que essa espécie depende essencialmente do milho para se reproduzir. Adicionalmente, a ocorrência de condições climáticas favoráveis como temperaturas mais altas, aliadas ou não a eventos climáticos desfavoráveis como secas e geadas, podem potencializar os danos causados pelos enfezamentos. O convívio com enfezamentos no Brasil vai exigir mudanças no sistema de produção do milho, visando restabelecer períodos de entressafra maiores e a redução das fontes de alimento para *D. maidis* nesse período, como a eliminação de plantas voluntárias de milho. Será necessário ainda ações conjuntas e coordenadas de órgãos oficiais, iniciativa privada e produtores para a adoção das práticas agrícolas recomendadas para o manejo das doenças e do inseto-vetor nas paisagens agrícolas e em escala regional.

REFERÊNCIAS

ALIVIZATOS, A. S.; MARKHAM, P. G. Acquisition and transmission of corn stunt Spiroplasma by its leafhopper vector *Dalbulus maidis*. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 108, n. 3, p. 535-544, 1986a.

ALIVIZATOS, S.; MARKHAM, P. G. Multiplication of corn stunt Spiroplasma in *Dalbulus maidis* and transmission in vitro, following injection. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 108, n. 3, p. 545-554, 1986b.

ALVES, A. P.; PARODY, B.; BARBOSA C. M.; OLIVEIRA, C. M.; SACHS C.; SABATO E. O.; GAVA F.; DANIEL H.; OLIVEIRA I. R.; FORESTI J.; COTA L. V.; CAMPANTE P.; GAROLLO P. R.; PALATNIK P.; ARAUJO, R. M. **Guia de boas práticas para o manejo dos enfezamentos e da cigarrinha-do-milho**. São Paulo/SP e Brasília/DF, Brasil: Croplife Brasil e Embrapa, 2020. 33 p.

BARNES, D. **Biología, ecología, y distribución de las chicharritas, *Dalbulus elimatus* (Ball) y *Dalbulus maidis* (Del. e W.)**. Mexico, DF: Secretaria de Agricultura y Ganadería, Oficina de Estudios Especiales, 1954.

BASCOPE-QUINTANILLA, J. B. **Agente causal de la llamada “raza mesa central” del achaparramiento del maíz**. 1977. 55 f. Dissertação - Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México., 1977.

BEDENDO, I. P.; DAVIS, R. E.; DALLY, E. L. Molecular evidence for the presence of maize bushy stunt phytoplasma in Corn in Brazil. **Plant Disease**, Beltsville, v. 81, n. 8, p. 957, 1997.

BRADFUTE, O. E.; NAULT, L. R.; GORDON, D. T.; ROBERTSON, D. C.; TOLER, R. W.; BOOTHROYD, C. W. Identification of maize

rayado fino virus in the United States. **Plant Disease**, Beltsville, v. 64, p. 50-53, 1980.

CHAPMAN, J. W.; REYNOLDS, D. R.; WILSON, K. Long-range seasonal migration in insects: mechanisms, evolutionary drivers and ecological consequences. **Ecology Letters**, Oxford, v. 18, n. 3, p. 287-302, 2015.

COSTA, A. S. Alguns insetos e ácaros usados na transmissão de moléstias de vírus das plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 16, p. 15-22, 1957.

COSTA, A. S.; KITAJIMA, E. W.; ARRUDA, S. C. Moléstias de vírus e de micoplasma no milho em São Paulo. **Revista Sociedade Brasileira Fitopatologia**, Brasília, v. 4, n. 4, p. 39-41, 1971.

COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; COTA, L. V.; CAMPOS, L. J. M.; ALMEIDA, R. E. M.; BERNARDES, F. P. Incidence of corn stunt disease in off-season corn hybrids in different sowing seasons. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, p. e00872, 2019.

DAVIS, R. Biology of the leafhopper *Dalbulus maidis* at selected temperatures. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 59, n. 3, p. 766-766, 1966.

GALVÃO, S. R.; SABATO, E. O.; BEDENDO, I. P. Occurrence and distribution of single or mixed infection of phytoplasma and spiroplasma causing corn stunting in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 152-155, 2021.

GONZALES, V.; GÁMEZ, R. Algunos factores que afectan la transmisión del virus del rayado fino del maíz por *Dalbulus maidis* DeLong & Wolcott. **Turrialba**, San Jose, v. 24, n. 1, p. 51-57, 1974.

HAAS, I. C. R. **Gramíneas forrageiras como potenciais hospedeiros alternativos para o fitoplasma do enfezamento vermelho do milho**. 2005. 38 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

HOOLE, J. C.; JOYCE, D. A.; PULLIN, A. S. Estimates of gene flow between populations of the swallowtail butterfly, *Papilio machaon* in Broadland, UK and implications for conservation. **Biological Conservation**, Essex, v. 89, n. 3, p. 293-299, 1999.

KITAJIMA, E. W.; NAZARENO, N. R. X. Levantamento de vírus e mollicutes do milho no estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 10, p. 613-625, 1985.

KUNKEL, L. O. Studies on a new corn virus disease. **Archiv für die gesamte Virusforschung**, Viena, v. 4, p. 24-46, 1948.

LARSEN, K. J.; NAULT, L. R.; MOYA-RAYGOZA, G. Overwintering biology of *Dalbulus* leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae): adult populations and drought hardiness. **Environmental Entomology**, College Park, v. 21, n. 3, p. 566-577, 1992.

LEGRAND, A. I.; POWER, A. G. Inoculation and acquisition of maize bushy stunt mycoplasma by its leafhopper vector *Dalbulus maidis*. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 125, n. 1, p. 115-122, 1994.

LOUREIRO, D. R.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; LEITE, D. M.; COSTA, M. M. Perdas quantitativas na colheita mecanizada do milho cultivado em espaçamentos reduzido e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Loderina, v. 33, n. 2, p. 565-574, 2012.

MARÍN, R. Biología y comportamiento de *Dalbulus maidis* (Homoptera-Cicadellidae). **Revista Peruana de Entomología**, Lima, v. 30, p. 113-117, 1987.

MARKHAM, P. G.; ALIVIZATOS, A. S. The transmission of corn stunt Spiroplasma by natural and experimental vectors. 1983, **Wooster**, OH: The Ohio State University, Ohio Agricultural Research and Development Center, 1983. p. 56-61.

MASSOLA JÚNIOR, N. S.; BEDENDO, I. P.; AMORIM, L.; LOPES J. R. S. Quantificação de danos causados pelo enfezamento vermelho e enfezamento pálido do milho em condições de campo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 136-142, 1999.

MENESES, A. R.; QUERINO, R. B.; OLIVEIRA, C. M.; MAIA, A. H. N.; SILVA, P. R. R. Seasonal and vertical distribution of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) in Brazilian corn fields. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 99, n. 4, p. 750-754, 2016.

MOYA-RAYGOZA, G.; NAULT, L. R. Transmission biology of maize bushy stunt phytoplasma by the corn leafhopper (Homoptera: Cicadellidae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 91, n. 5, p. 668-676, 1998.

NAULT, L. R.; BRADFUTE, O. E. Corn stunt: involvement of a complex of leafhopper-borne pathogens. In: MARAMOROSCH, K.; HARRS, K. F. (Eds.). **Leafhoppers vectors and plant disease agents**. New York: Academic Press. 1979. p. 561-586.

NAULT, L. R. Maize bushy stunt and corn stunt: a comparison of disease symptoms, pathogen host ranges, and vectors. **Phytopathology**, St. Paul, v. 70, n. 7, p. 659-662, 1980.

NAULT, L. R.; DELONG, D. M. Evidence for co-evolution of leafhoppers in the genus *Dalbulus* (Cicadellidae: Homoptera) with maize and its ancestors. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 73, n. 4, p. 349-353, 1980.

NAULT, L. R.; DELONG, D. M.; TRIPLEHORN, B. W.; STYER, W. E.; DOEBLEY, J. F. More on the association of *Dalbulus* (Homoptera: Cicadellidae) with Mexican *Tripsacum* (Poaceae), including the description of two new species of leafhoppers. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 76, p. 305-309, 1983.

NAULT, L. R. Evolutionary relationships between maize leafhoppers and their host plants. In: NAULT, L. R.; RODRIGUEZ, J. G. (Eds.). **The leafhoppers and planthoppers**. New York: John Wiley, 1985. p. 309-330.

NAULT, L. R. Evolution of an insect pest: maize and the corn leafhopper, a case study. **Maydica**, Bergamo, v. 35, n. 2, p. 165-175, 1990.

OLIVEIRA, C. M.; LOPES, J. R. S.; DIAS, C. T. S.; NAULT, L. R. Influence of latitude and elevation on polymorphism among populations of the corn leafhopper, *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae), in Brazil. **Environmental Entomology**, College Park, v. 33, n. 5, p. 1192-1199, 2004.

OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. **Diseases in maize**: insect-vectors, mollicutes and virus. 1 ed. Brasília/DF, Brazil: Embrapa Informação Tecnológica, 2017. 271 p.

OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R.; OLIVEIRA, E. Overwintering plants for *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) adults during the maize off-season in central Brazil. **International Journal of Tropical Insect Science**, Addis Ababa, v. 40, n. 4, p. 1105-1111, 2020.

OLIVEIRA, C. M.; LOPES, J. R. S.; NAULT, L. R. Survival strategies of *Dalbulus maidis* during maize off-season in Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 147, n. 2, p. 141-153, 2013.

OLIVEIRA, C. M.; MOLINA, R. M. S.; ALBRES, R. S.; LOPES, J. R. S. Disseminação de mollicutes do milho a longas distâncias por *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 91-95, 2002a.

OLIVEIRA, C. M. **Variação morfológica entre populações de *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott, 1923) (Hemiptera, Cicadellidae) de algumas localidades do Brasil**. 1996. 69 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1996.

OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, C. M.; SOUZA, I. R. P.; MAGALHÃES, P. C.; CRUZ, I. Enfezamentos em milho: interações genótipos e mollicutes, expressão de sintomas foliares e detecção. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 54-63, 2002c.

OLIVEIRA, E.; CARVALHO, R. V.; DUARTE A. P.; ANDRADE, R. A.; RESENDE R. O.; OLIVEIRA, C. M.; RECCO, P. C. Mollicutes e vírus em milho na safrinha e na safra de verão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 38-46, 2002b.

OLIVEIRA, E.; WAQUIL, J. M.; FERNANDES FT, RESENDE RO, KITAJIMA, E. W. Doenças de enfezamento na cultura do milho no Brasil. Ilhéus/BA, Brasil: **Fitopatologia Brasileira**, v. 20 (Suplemento), p. 283, 1995.

OLIVEIRA, E.; WAQUIL, J. M.; FERNANDES, F. T.; RESENDE, R. O.; KITAJIMA, E. W. “Enfezamento pálido” e “Enfezamento vermelho” na cultura do milho no Brasil Central. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 45-47, 1998.

OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, C. M.; LANDAU, E. C. Maize bushy stunt phytoplasma in Brazil. **Phytopathogenic Mollicutes**, New Delhi, v. 2, n. 1, p. 1, 2012.

OLIVEIRA, E.; RESENDE, R. O.; GIMÉNEZ-PECCI, M. P.; LAGUNA, I. G.; HERRERA, P.; CRUZ, I. Incidência de viroses e enfezamentos e estimativa de perdas causadas por mollicutes em milho no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 19-25, 2003.

OLIVEIRA, E.; TERNES, S.; VILAMIU R., LANDAU, E. C., OLIVEIRA, C. M. Abundance of the insect vector of two different Mollicutes plant pathogens in the vegetative maize cycle. **Phytopathogenic Mollicutes**, New Delhi, v. 5, n. 1, p. 117-118, 2015.

OLIVEIRA, F. F. **Sobrevivência do fitoplasma do enfezamento vermelho do milho e de seu vetor *Dalbulus maidis*, (DeLong e Wolcott) em algumas espécies forrageiras**. 2019. 40 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

PANIAGUA, R.; GÁMEZ, R. El virus del rayado fino del maiz: estudios adicionales sobre la relación del virus y su insecto vector. **Turrialba**, Lima, v. 26, n. 1, p. 39-43, 1976.

PEREIRA, P. S. X.; BIANCHINI, A.; CANEPPELE, C., SILVA, A. R. B.; MACHADO, R. S., PALLAORO, D. S.; MORAES, F. C. Percentage of corn grain losses in roads transport based on weight of loads. **Journal of Experimental Agriculture International**, Baltimore, v. 37, n. 4, p. 1-10, 2019.

PITRE, H. N. Greenhouse studies of the host range of *Dalbulus maidis*, a vector of the corn stunt virus. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 60, n. 2, p. 417-421, 1967.

QUERINO, R. B.; MENEZES, A. R.; ALBARRACIN, E. L.; OLIVEIRA, C. M., TRIAPITSYN, S. V. Biological control of *Dalbulus maidis* in Brazil: an overview of the parasitoids. In: OLIVEIRA, C.;

RAMOS, A. **Efeito de maize bushy stunt phytoplasma na sobrevivência de *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) sobre milho e plantas infestantes.** 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

SABATO, E. O.; LANDAU, E. C.; COELHO, A. M. Effect of the corn stunt Spiroplasma disease on maize production. 2013, Beijing, China: **Acta Phytopathologica Sinica**, 43, Supplement, 2013. p. 203.

SABATO, E. O.; LANDAU, E. C.; OLIVEIRA, C. M. **Recomendações para o manejo de doenças do milho disseminadas por insetos-vetores.** Sete Lagoas/MG, Brasil: Embrapa Milho e Sorgo, 2014, 15 p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 205).

SABATO, E. O. (Eds.). **Diseases in maize: insect vectors, mollicutes and viruses.** Brasília/DF e Sete Lagoas/MG, Brasil: Embrapa Informação Tecnológica e Embrapa Milho e Sorgo, 2017. p. 119-138.

SABATO, E. O. Corn stunting diseases. In: OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. (Eds.). **Diseases in maize: insect vectors, mollicutes and viruses.** Brasília/DF e Sete Lagoas/MG, Brasil: Embrapa Informação Tecnológica e Embrapa Milho e Sorgo, 2017. p. 11-23.

SABATO, E. O. **Manejo do risco de enfezamentos e da cigarrinha no milho.** Sete Lagoas/MG, Brasil: Embrapa Milho e Sorgo, 2018, 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo, Comunicado Técnico, 226).

SABATO, E. O.; KARAM, D.; OLIVEIRA, C. M. **Sobrevivência da cigarrinha *Dalbulus maidis* (Hemiptera Cicadellidae) em espécies de plantas da família Poaceae.** Sete Lagoas/MG, Brasil: Embrapa Milho e Sorgo, 2018a, 12 p. (Embrapa Milho e Sorgo, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 175).

SABATO, E. O.; OLIVEIRA, C. M.; COELHO, A. M.; LANDAU, E. C. **O papel do milho tiguera na perpetuação e concentração da cigarrinha *Dalbulus maidis*, do inóculo de mollicutes e de vírus da risca.** Sete Lagoas/MG, Brasil: Embrapa Milho e Sorgo, 2018b, 21 p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 248).

SABATO, E. O.; OLIVEIRA, C. M. **Cigarrinha, enfezamentos e viroses no milho - identificação e manejo do risco.** Brasília/DF, Brasil: Embrapa Informação Tecnológica, 2019.

STONER, W. N. Review of corn stunt disease (achaparramiento) and its insect vectors, with résumés of other virus diseases of maize. **USDA-ARS Pub**, Beltsville, v. 33-99, p. 1-35, 1965.

SUMMERS, C. G.; NEWTON, A. S.; OPGENORTH, D. C. Overwintering of corn leafhopper, *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae), and *Spiroplasma kunkelii* (Mycoplasmatales: Spiroplasmataceae) in California's San Joaquin Valley. **Environmental Entomology**, College Park, v. 33, n. 6, p. 1644-1651, 1 dez. 2004.

TODD, J. L.; MADDEN, L. V.; NAULT, L. R. Comparative growth and spatial distribution of *Dalbulus* leafhopper populations (Homoptera: Cicadellidae) in relation to maize phenology. **Environmental Entomology**, College Park, v. 20, n. 2, p. 556-564, 1991.

TOUGERON, K. Diapause research in insects: historical review and recent work perspectives. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 167, p. 27-36, 2019.

TSAI, J. H. Bionomics of *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott): a vector of mollicutes and virus (Homoptera: Cicadellidae). In: MARAMOROSCH, K.; RAYCHAUDHURI, S. P. (Eds.). **Mycoplasma diseases of crops: basic and applied aspects.** New York: Springer-Verlag, 1988. p. 209-221.

TSAI, J. H.; DELONG, D. M. Descriptions of new species of *Dalbulus* and *Balclutha*, from Ecuador (Homoptera, Cicadellidae: Deltocephalinae). **Entomotaxonomia**, Yangling, v. 11, p. 283-287, 1989.

VIRLA, E. G.; PARADELL, S. L.; DIEZ, P. A. Estudios bioecológicos sobre la chicharrita del maíz *Dalbulus maidis* (Insecta - Cicadellidae) en Tucumán (Argentina). **Boletim de Sanidad Vegetal**. Plagas, Madri, v. 29, p. 17-25, 2003.

WAQUIL, J. M.; OLIVEIRA, E.; PINTO, N.; FERNANDES F. T.; CORRÊA, L. A. Efeito na produção e incidência de viroses em híbridos comerciais de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 460-463, 1996.

WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; CRUZ, I.; SANTOS, J. P. Aspectos da biologia da cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae). **Anais Sociedade Entomologica**, Brasil, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 413-420, 1999.

WHITCOMB, R. F.; CHEN, T. A.; WILLIAMSON, D. L. *Spiroplasma kunkelii* sp. nov.: Characterization of the etiological agent of corn stunt disease. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v. 36, n. 2, p. 170-178, 1986.

ZURITA V, Y. A.; ANJOS, N.; WAQUIL, J. M. Aspectos biológicos de *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) em híbridos de milho (*Zea mays*). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 347-352, jun. 2000.

X. VIROSES DO MILHO: EPIDEMIOLOGIA, SINTOMAS E DIAGNOSE

Marcos Cesar **Gonçalves** ⁽¹⁾

RESUMO

No decorrer das últimas duas décadas, devido à implementação da segunda safra de milho no país, a cultura do milho passou por várias mudanças, incluindo a adoção de novas tecnologias de cultivo e plantio, aliada à introdução de novos híbridos, adaptados a diferentes condições edafoclimáticas. Esse novo ambiente de cultivo e a permanência do milho praticamente o ano todo no campo, formando uma “ponte verde”, têm resultado no agravamento de problemas com pragas e doenças da cultura. Dentre os principais problemas enfrentados pelos produtores nas últimas safras está o aumento da população de pulgões e cigarrinhas, vetores de vírus e mollicutes do milho e o conseqüente aumento dos danos causados por esses patógenos. Adicione-se a este fato o surgimento de viroses emergentes na cultura e de novas variantes de vírus já conhecidos, como o mosaico comum do milho. Dentre os principais vírus encontrados nos últimos levantamentos estão os conhecidos sugarcane mosaic virus, maize rayado fino virus e os emergentes maize yellow mosaic virus e maize striate mosaic virus. O estudo mais aprofundado das plantas afetadas e dos patógenos envolvidos permitiu identificar as causas das grandes perdas ocorridas nas últimas safras e que continuam a assolar a cultura. As principais delas são as infecções mistas por duas ou mais espécies de vírus e as infecções mistas de vírus e mollicutes (*Spiroplasma kunkelii* e *Candidatus Phytoplasma asteris*), agravando os sintomas e causando até a perda total das lavouras.

⁽¹⁾ Pesquisador Científico, Instituto Biológico (IB), Centro de Sanidade Vegetal, Avenida Conselheiro Rodrigues Alves, 1.252, 04014-002 São Paulo, SP. marcos.goncalves@sp.gov.br

Palavras-chave: fitovírus, afídeos, cigarrinhas, vetores, potyvirus, polerovirus, mastrevirus, marafivirus.

1. INTRODUÇÃO

Mundialmente, o milho é acometido por dezenas de espécies de vírus, causando grandes perdas para a cultura. No Brasil, até 2017, os principais vírus relatados infectando naturalmente a cultura eram as espécies *Sugarcane mosaic virus* (SCMV) e *Maize rayado fino virus* (MRFV), além do *Maize dwarf mosaic virus* (MDMV), que posteriormente foi corretamente identificado, via sequenciamento do seu genoma, como sendo na realidade uma estirpe do SCMV (GONÇALVES et al., 2011).

A partir da década de 1990, com o advento do cultivo do milho safrinha no Brasil, a cultura do milho passou por diversas mudanças como a expansão da época de semeadura e o aumento dos cultivos irrigados sob pivô durante o ano todo, para atender principalmente a produção de sementes e de milho verde, com a ocupação de novas áreas de cultivo. A introdução de novos híbridos adaptados às diferentes condições edafoclimáticas e às novas tecnologias de cultivo, como a adoção em larga escala de cultivares transgênicos, conhecidos popularmente como “milho Bt”, visando o controle de lepidópteros-praga, também intensificou as mudanças na cultura. Adicione-se a esses fatos a introdução de germoplasma importado, nem sempre testado criteriosamente para a presença de patógenos virais, e mais recentemente as impactantes alterações no clima, decorrentes do aquecimento global. Esses novos ambientes de cultivo junto com a permanência da cultura por mais tempo no campo, formando uma “ponte-verde”, resultaram no agravamento de problemas com diversas pragas e doenças da cultura. As alterações climáticas, o aumento da área plantada e permanência de milho por mais tempo no campo, aumentou a oferta de fontes de alimento para a reprodução e o crescimento das populações de pulgões e cigarrinhas, vetores dos vírus e mollicutes (fitoplasmas e espiroplasmas) do milho.

Esse novo ambiente, além de favorecer a manutenção das fontes de inóculo de patógenos, possibilitou o surgimento de viroses emergentes na cultura e de novas variantes mais severas de vírus já conhecidos, como o mosaico comum e a risca do milho. É importante observar que, devido à introdução de germoplasma importado, outros vírus ainda não relatados no país, como o Maize chlorotic mottle virus (MCMV), que em infecção mista com o SCMV (mosaico comum) pode causar a devastadora doença conhecida como “necrose letal do milho”, ou mesmo vírus emergentes e pouco conhecidos, apesar de ainda não detectados, podem estar presentes. Há que se considerar também a variabilidade genética dos patógenos transmitidos pelos insetos vetores, em especial os vírus, que devido ao seu pequeno genoma constituído de sequências curtas, na sua maioria de RNA, podem sofrer mutações e recombinações genéticas, gerando novas variantes mais agressivas, podendo causar epidemias e conseqüentemente maiores danos e perdas econômicas.

Nos últimos anos, foram observados surtos epidêmicos de sintomas atribuídos a viroses e mollicutes em importantes regiões produtoras de milho, principalmente no Norte e Noroeste do estado de São Paulo, Oeste da Bahia, Sudoeste de Goiás e Noroeste de Minas Gerais. Estes surtos ocorreram, caracteristicamente, em locais com cultivo contínuo do milho, constituindo a “ponte verde” da cultura. Na região de Casa Branca, SP, onde são frequentes os cultivos sequenciais irrigados, o problema foi identificado em meados de 2015, intensificando-se na safra de verão 2016/17 e agravando-se em 2018/19. O exemplo mais comum são as constantes infecções pelo Sugarcane mosaic virus (SCMV), transmitido por afídeos, sendo responsável, no Brasil, pelas doenças conhecidas como mosaico do milho (GONÇALVES et al., 2011) ou mosaico da cana-de-açúcar (GONÇALVES et al., 2007a, GONÇALVES et al., 2007b, GONÇALVES et al., 2012, DA SILVA et al., 2015), histórica e potencialmente uma das doenças mais importantes dessas duas culturas. Outro problema constante no campo é a risca do milho, causada pelo Maize rayado fino virus (MRFV),

sendo relatado em infecções mistas com o SCMV e causando perdas de maiores proporções (GONÇALVES et al., 2007b).

A taxa de distribuição destes vírus no campo é influenciada principalmente pelos fatores: nível de tolerância do híbrido de milho; estirpe ou estirpes dos vírus presentes; número e distribuição dos focos de infecção; número, tipo e atividade de insetos vetores presentes; condições climáticas afetando a susceptibilidade da cultura e a atividade dos insetos vetores; e, com o advento do plantio irrigado no inverno, a sobreposição de ciclos culturais, intensificando vários destes fatores.

A partir da coleta ostensiva de amostras destas regiões produtoras, um estudo aprofundado do denominado viroma do milho, usando as técnicas de sequenciamento de nova geração (*Next Generation Sequencing* ou NGS) e *RNA-sequencing* (*RNA-seq*), novos vírus foram descritos infectando a cultura no país, como o Maize yellow mosaic virus (MaYMV) (GONÇALVES et al., 2017) e o Maize striate mosaic virus (MSMV) (FONTENELLE et al., 2018). Outro fator importante é que esses patógenos, e também os mollicutes, podem infectar simultaneamente uma mesma planta. Nesses casos, é comum ocorrer o sinergismo das infecções e a consequente intensificação de sintomas foliares, além de sintomas como nanismo, necrose de colmos e folhas, levando até a morte das plantas infectadas e a perda total da lavoura.

A seguir são apresentadas as principais características desses vírus, seus vetores e modos de transmissão, e uma visão geral sobre medidas de manejo para o controle desses patógenos.

2. SUGARCANE MOSAIC VIRUS (SCMV)

No Brasil, a doença popularmente conhecida como mosaico comum do milho foi relatada pela primeira vez no país em 1970 (COSTA et al., 1971) e atualmente ocorre em todo o território nacional. As perdas estimadas na produção variam muito, dependendo das condições ambientais, do híbrido plantado e da área cultivada, podendo

atingir grandes proporções. O vírus causador do mosaico comum em nosso território é o Sugarcane mosaic virus (SCMV), que como o nome sugere também infecta a cana-de-açúcar, sendo responsável por uma das doenças mais importantes dessa cultura. O SMCV pertence ao gênero *Potyvirus*, da família *Potyviridae*, uma das mais impactantes mundialmente, em termos de danos econômicos em diversas culturas. O SCMV tem o genoma constituído de ssRNA, de polaridade positiva com cerca de 9.600 pares de base, tem partículas virais alongadas e flexíveis de aproximadamente 750 nm de comprimento e causa inclusões citoplasmáticas típicas de potyvirus (cata-ventos, agregados laminares e anéis ou “rolos”) (Figura 1A e B). Os membros desse gênero de vírus são normalmente transmitidos por várias espécies de pulgões e no caso do SCMV, por *Rhopalosiphum maidis*, *Schizaphis graminum* e *Myzus persicae* (Teakle et al., 1989). No entanto, o principal vetor no Brasil e nas Américas é *R. maidis* (Figura 2), que coloniza e transmite o vírus para o milho, principal planta hospedeira do inseto.

A transmissão é do modo não-persistente e os períodos de acesso de aquisição e de acesso à transmissão do vírus pelo afídeo duram de alguns segundos a minutos; por sua vez, o período de retenção no corpo do inseto pode durar algumas horas, dependendo da estirpe do vírus (SHUKLA et al., 1994). O SCMV também pode ser transmitido artificialmente por inoculação mecânica de extratos tamponados de folhas infectadas; no entanto, não há relatos ou evidências de transmissão do vírus por instrumentos de corte usados no manejo da cultura ou durante a colheita. Outra forma importante de disseminação da doença é a transmissão pela semente, que apesar da baixa taxa de infecção, cerca de 0,6%, aliada à uma grande população do vetor no campo e ao uso de cultivares suscetíveis, pode levar a um quadro mais severo e maiores perdas.

Os sintomas iniciais da infecção pelo SCMV consistem em manchas cloróticas de arranjo linear, no meio, ou mais comumente na base das folhas. Essas manchas evoluem para áreas alongadas formando um mosaico típico, com áreas verdes entremeadas por manchas

amarelas, em padrão de mosaico, que pode aumentar em severidade com a idade da folha (Figura 3A). Geralmente, as áreas cloróticas são difusas, mas podem variar com contornos mais definidos em alguns híbridos suscetíveis e infectados com estirpes mais agressivas. Nesse caso, ou em infecções mistas com outros vírus, a infecção também pode ser acompanhada por vários graus de necrose foliar (Figura 3B). O crescimento da planta pode ser significativamente reduzido, dependendo da estirpe do vírus e do híbrido de milho, especialmente quando a infecção ocorre nos estágios iniciais de desenvolvimento.

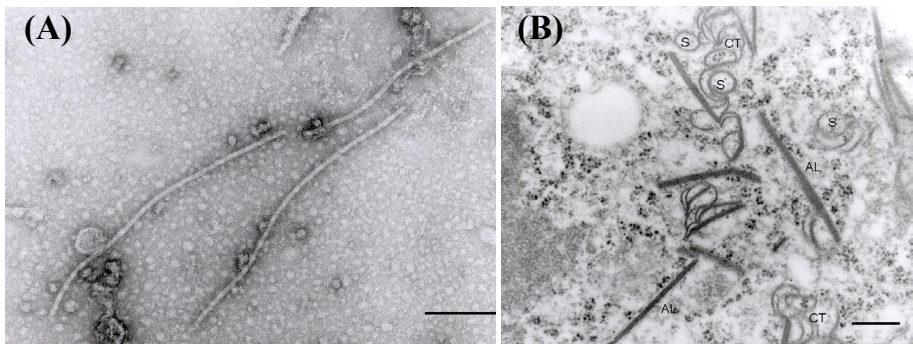


Figura 1. (A) Micrografia eletrônica de transmissão do Sugarcane mosaic virus, agente causal do mosaico comum do milho, mostrando partículas virais alongadas e flexuosas, contrastadas negativamente com acetato de uranila 2%. Barra de escala = 200 nm. (B) Micrografia eletrônica de transmissão de cortes ultrafinos de folha infectada com um isolado do Sugarcane mosaic virus, apresentando inclusões cilíndricas citoplasmáticas indicativas da infecção: cataventos (CT), agregados laminares (AL), rolos ou scrolls (S). Barra de escala = 300 nm (GONÇALVES et al., 2007a).

3. MAIZE YELLOW MOSAIC VIRUS (MAYMV)

O Maize yellow mosaic virus (MaYMV), pertence à família *Luteoviridae* e provavelmente constitui um novo membro do gênero *Polerovirus*. Assim como outros membros desse gênero suas partículas virais são isométricas e o genoma é constituído de RNA de fita simples de polaridade positiva, com cerca de 5650 nucleotídeos. Ele foi relatado pela primeira vez na China em 2016 (CHEN et al., 2016) e

posteriormente no Brasil (GONÇALVES et al., 2017), no Equador (BERNREITER et al., 2017), e na África (YAHAYA et al., 2017; PALANGA et al., 2017; READ et al., 2018). Os diversos relatos recentes de novos casos em regiões geográficas distintas sugerem que o vírus está potencialmente emergindo. Junto com os vírus da família *Potyviridae* que infectam o milho, como o Sugarcane mosaic virus e o machlomovirus Maize chlorotic mottle virus (MCMV), responsáveis pela doença conhecida como necrose letal do milho (MLN) quando em infecção mista (WANG et al., 2017; REDINBAUGH e STEWART, 2018), o MaYMV consiste potencialmente em uma nova limitação à produção de milho em todo o mundo.



Figura 2. Colônia de *Rhopalosiphum maidis*, o pulgão do milho, vetor dos vírus Sugarcane mosaic virus e do Maize yellow mosaic virus. Foto: Ramos, A. ESALQ, USP.



Figura 3. (A) Sintomas foliares de mosaico decorrentes da infecção pelo Sugarcane mosaic virus. (B) Sintomas de mosaico, amarelecimento e necrose em planta infectada pelo Sugarcane mosaic virus e Maize yellow mosaic virus, ambos transmitidos pelo pulgão do milho, *Rhopalosiphum maidis*. Foto: Gonçalves, M. C.

Apesar de seu potencial impacto, até recentemente, o MaYMV não tinha sido isolado e experimentalmente transmitido para uma melhor compreensão de sua sintomatologia, identificação de espécies de vetores e epidemiologia, o que é essencial para a concepção de estratégias de controle do vírus, como a busca por fontes de resistência para o melhoramento genético. Em 2020, novos esforços foram empreendidos e estudos realizados para solucionar a questão e foi determinado que o principal vetor do MaYMV é o pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Figura 2), o mesmo vetor do SCMV (GONÇALVES et al., 2020). No entanto, diferentemente do SCMV, que pode ser transmitido em poucos segundos por uma simples picada de prova, no caso do MaYMV, por ser um vírus limitado ao tecido floemático, a transmissão é do tipo circulativa e o vírus demora de 24 a 48 horas para ser adquirido pelo pulgão e pode levar o mesmo tempo

para ser transmitido para uma planta sadia (GONÇALVES et al., 2020). Por sua vez, uma vez adquirido o vírus pode permanecer por vários dias no corpo do inseto, que pode transmiti-lo pelo mesmo período de tempo.

O MaYMV provoca sintomas leves de mosaico e amarelecimento quando em infecção simples porém é frequentemente encontrado em infecções mistas com outros vírus no campo, mais comumente com o SCMV (Figuras 4A e B), e também com mollicutes, quando os sintomas podem se agravar para mosaico severo, lesões necróticas internervais e mesmo a necrose do limbo foliar (Figura 4A).

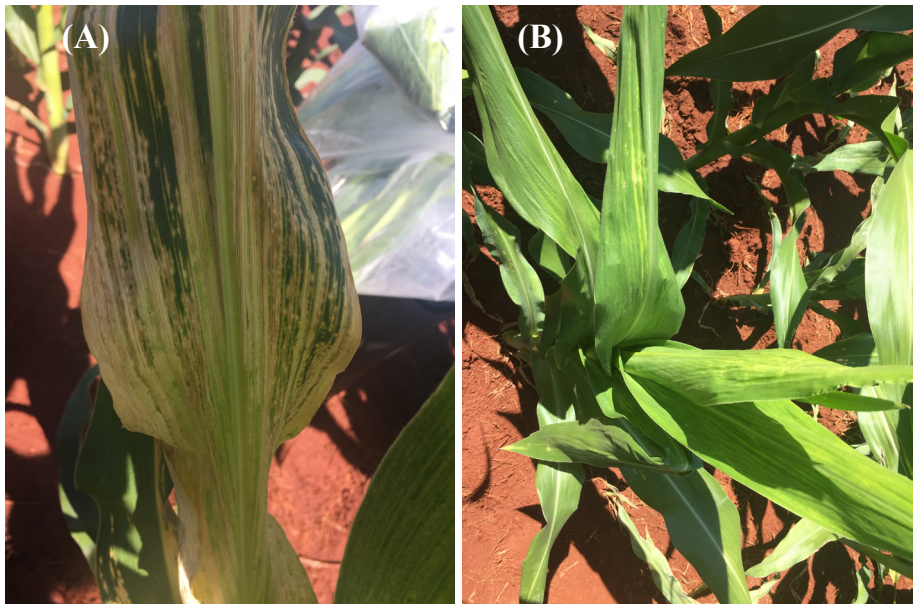


Figura 4. (A) Sintomas de necrose foliar em planta com infecção mista pelos vírus Maize yellow mosaic virus, Sugarcane mosaic virus e pelo espiroplasma do milho (*Spiroplasma kunkelii*). (B) Sintomas de mosaico e amarelecimento em planta infectada pelo Maize yellow mosaic virus e pelo Sugarcane mosaic virus. Foto: Gonçalves, M. C.

4. *MAIZE STRIATE MOSAIC VIRUS (MSMV)*

No ano de 2018, no estado de Goiás, identificou-se no Brasil um novo vírus infectando a cultura do milho, denominado “Maize striate mosaic virus” ou MSMV (FONTENELE et al., 2018). Na época, o vírus foi identificado por técnicas de sequenciamento de nova geração (NGS), e posteriormente nosso grupo desenvolveu um método mais simples por PCR (Polymerase Chain Reaction), possibilitando o diagnóstico rápido e preciso de um grande número de amostras. Com isso, um levantamento rápido nos anos de 2020 e 2021 foi realizado e o MSMV foi encontrado infectando o milho em vários municípios dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso e Goiás, indicando que ele encontra-se amplamente disseminado em território nacional.

O MSMV pertence à família *Geminiviridae*, gênero *Mastrevirus*, que engloba outras espécies de vírus conhecidos por causar grandes perdas na cultura do milho, em especial no continente Africano (MARTIN e SHEPHERD, 2009). Na ocasião do seu relato, o MSMV foi apontado como o primeiro mastrevirus descrito em milho nas Américas. O genoma do MSMV é circular, constituído de ssDNA e tem aproximadamente 2700 pares de bases (FONTENELLE et al., 2018). Os membros do gênero *Mastrevirus* são geralmente transmitidos por cigarrinhas (família *Cicadellidae*), de forma persistente circulativa. Nesse tipo de transmissão, o tempo de aquisição e inoculação do vírus pelo inseto vetor pode variar de algumas horas a dias, com retenção no vetor por vários dias ou semanas (HOGENHOUT et al., 2008). Por sua vez, o Maize streak virus (MSV), que é a espécie tipo desse gênero viral, é transmitido por cigarrinhas do gênero *Cicadulina* da subfamília *Deltocephalinae* (BOSQUE-PÉREZ, 2000). Apesar dos indícios serem de que o vetor do MSMV seja uma cigarrinha, provavelmente *Dalbulus maidis*, nosso grupo está trabalhando para confirmar esta hipótese e estabelecer definitivamente o vetor deste novo vírus descoberto em território brasileiro (VILA-NOVA, E., dados não publicados). Do mesmo modo, os sintomas da infecção isolada por esse vírus ainda não

foram descritos, porém são comuns infecções mistas com outros vírus e com mollicutes, com sintomas bastante severos.

5. MAIZE RAYADO FINO VIRUS

A risca do milho, também conhecida por “rayado fino”, em espanhol, ou “fine stripe” em inglês, é causada pelo Maize rayado fino virus (MRFV), um velho conhecido dos produtores brasileiros (COSTA et al., 1971), onde ocorre muitas vezes em infecção conjunta com o Sugarcane mosaic virus (GONÇALVES et al., 2007b). O MRFV é encontrado do sul da América do Norte até toda a América do Sul, com relatos de perdas de até 43% em alguns países da América Central (CIMMYT, 2004). No Brasil, a incidência isolada do MRFV não tem ocasionado grandes danos, porém a infecção conjunta com mollicutes e outros vírus tem causado maiores perdas à cultura do milho. O MRFV é a espécie tipo do gênero *Marafivirus*, da família *Tymoviridae*, possui partículas isométricas de cerca de 30 nanômetros de diâmetro e genoma constituído de ssRNA de polaridade positiva, com aproximadamente 6,3 Kb.

A risca do milho caracteriza-se pela formação de pequenos pontos cloróticos nas folhas, os quais podem coalescer, adquirindo o aspecto de linhas pontilhadas e tracejadas, paralelas às nervuras foliares secundárias, assemelhando-se a riscas finas (Figura 5A). Esses sintomas podem se tornar mais severos quando em infecção conjunta com outros vírus, como o SCMV (Figura 5B). O vírus é transmitido de forma persistente-circulativa pela cigarrinha *Dalbulus maidis*, que também é vetora de dois outros importantes patógenos do milho, o *Spiroplasma kunkelii*, também conhecido como *Corn stunt spiroplasma* (CSS) e o *Maize bushy stunt phytoplasma* (MBSP), agentes causais do enfezamento-pálido e do enfezamento-vermelho, respectivamente. O período latente do vírus na cigarrinha varia com a temperatura ambiente, com relatos de 7 a 37 dias, após o qual será transmitido por quase todo o tempo de vida do inseto.

No Brasil, a incidência isolada do MRFV não ocasionou grandes danos, o que levou à negligência da sua importância. No entanto, pelo fato de possuírem o mesmo inseto vetor, são comuns infecções mistas com os fitoplasmas, espiroplasmas (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2004), com o SCMV (GONÇALVES et al., 2007b) e, mais recentemente com o MSMV, com o qual provavelmente também divide mesmo vetor, ocasionando danos de maiores proporções na cultura do milho.

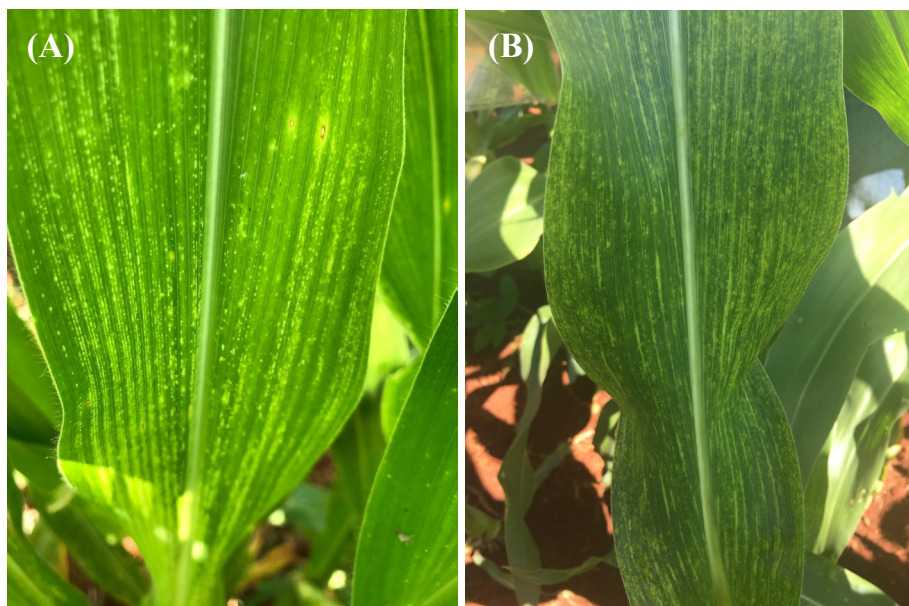


Figura 5. (A) Sintomas da risca do milho, ocasionados pela infecção com o Maize rayado fino virus. (B) Sintomas de risca e mosaico em planta infectada com Maize rayado fino virus e Sugarcane mosaic virus. Foto: Gonçalves, M. C.

6. INFECÇÕES MISTAS

Um fator, até há pouco tempo negligenciado, é que esses patógenos, vírus e mollicutes podem infectar simultaneamente uma mesma planta. Nesses casos, é comum ocorrer o sinergismo das infecções e a consequente intensificação dos sintomas foliares (Figura 6), além de

nanismo, necroses de colmo e folhas (Figura 7A e B), quebraimento e até a morte das plantas infectadas (Figura 8). Em levantamentos recentes sobre a incidência de viroses em plantas sintomáticas, realizados no estado de São Paulo, pelos Institutos Biológico (IB) e Agrônômico (IAC), verificou-se a ocorrência do Sugarcane mosaic virus, do Maize yellow mosaic virus, do Maize striate mosaic virus e do Maize rayado fino virus, em infecções simples, mas na maioria das vezes em infecções múltiplas de dois ou mais vírus. Os dois vírus transmitidos pelo pulgão do milho, ou seja, SCMV e MaYMV, estão frequentemente associados causando sintomas de mosaico comum e amarelo, mas também provocando sintomas de mosaico severo e necrose, causando maior dano. A associação de um ou mais vírus aos fitoplasmas e espiroplasmas também tem sido constatada com frequência, provocando a perda total das lavouras acometidas.



Figura 6. Sintomas de mosaico, riscas e amarelecimento no limbo e bordos foliares, causados pela infecção conjunta dos vírus Sugarcane mosaic virus, Maize rayado fino virus e Maize yellow leaf virus. Foto: Gonçalves, M. C.



Figura 7. (A) Plantas infectadas com Sugarcane mosaic virus, Maize yellow mosaic virus, *Spiroplasma kunkelii* e *Maize bushy stunt phytoplasma*. (B) Planta infectada com Maize yellow mosaic virus e *S. kunkelii*. Foto: Duarte, A. P.



Figura 8. Lavoura com infecção conjunta por Sugarcane mosaic virus, Maize yellow mosaic virus, *S. kunkelii* e *Maize bushy stunt phytoplasma*, apresentando quebramento no estágio de enchimento dos grãos, seca e morte de plantas. Foto: Duarte, A. P.

7. MANEJO DAS VIROSES

Atualmente, as recomendações de manejo que minimizam os prejuízos decorrentes dessas doenças indicam práticas para reduzir a população da cigarrinha do milho, embora parte dessas recomendações sejam válidas também para o controle do pulgão do milho, *Rhopalosiphum maidis*. É importante salientar que o controle químico da cigarrinha, quando necessário, deve ser realizado somente com inseticidas registrados para esse inseto, evitando a seleção de indivíduos resistentes. Deve-se dar preferência ao controle com inseticidas via tratamento de sementes, o que é mais eficiente, além de preservar inimigos naturais de pragas que podem reduzir efetivamente a população desses insetos, em associação com o controle biológico. Atualmente, já existem no mercado produtos biológicos comerciais, à base dos fungos entomopatogênicos *Isaria fumosorosea* e *Beauveria bassiana*, indicados para o controle de *D. maidis*. Quando necessário, o controle químico desses insetos deve ser feito nos primeiros estádios da cultura, sobretudo nas quatro primeiras semanas após a implantação, porque os danos e as perdas causados por esses patógenos são mais severos quanto mais cedo ocorrer a incidência dos seus respectivos vetores e a consequente infecção das plantas.

O pulgão do milho, por sua vez, tem diferentes hábitos alimentares. Na sua forma alada, ele realiza voos sobre o campo e, atraído por estímulos visuais, como a coloração amarelada do dossel vegetativo infectado, pousa e realiza picadas de prova de curta duração na seleção de plantas hospedeiras. Durante essas picadas, ele pode transmitir os vírus de forma não persistente, como o SCMV, responsável pelo mosaico comum. Nesse caso, o inseto adquire o vírus que fica aderido no seu estilete e pode transmiti-lo para novas plantas apenas com as primeiras picadas rápidas de planta em planta. O SCMV infecta os tecidos epidérmicos das folhas e os vasos do xilema, facilitando a sua aquisição rápida pelos pulgões. Por outro lado, a transmissão do MaMV (mosaico amarelo) por *R. maidis* ocorre de forma mais lenta, sendo necessárias horas ou dias de alimentação para que a transmissão

efetivamente ocorra para uma nova planta sadia. O pulgão tem ampla gama de gramíneas hospedeiras (milho, sorgo, capim massambará, dentre outros) que também podem ser infectadas pelos dois vírus e servir como fontes de inóculo. Esse afídeo é notado, na maioria das vezes, tardiamente nas lavouras quando forma colônias e as ecdises liberam resíduos facilmente visíveis. Devido às suas características, o manejo do pulgão é mais complexo em relação ao da cigarrinha do milho, que se multiplica e infecta apenas o milho, embora possam se abrigar em diversos tipos de gramíneas, nas quais podem sobreviver temporariamente, mas não se reproduzir e formar novas colônias.

O controle químico do pulgão não promove um controle efetivo do mosaico comum, porque a transmissão se dá na picada de prova, antes da sua possível morte pelo inseticida. No entanto, o seu uso pode desfavorecer sua disseminação para fora da lavoura, reduzindo novas infecções. Por outro lado, o controle do mosaico amarelo pode ser mais eficiente com o controle químico do pulgão, devido à aquisição e transmissão do vírus ser mais lenta pelo vetor. O controle biológico natural de pulgões é, em geral, eficiente, por serem muito procurados por insetos predadores, como joaninhas, e também vespas parasitoides. No entanto, é importante observar que o uso indiscriminado, e por vezes desnecessário, de inseticidas para o combate à cigarrinha pode eliminar a presença desses inimigos naturais.

As epidemias ocorrem principalmente devido aos cultivos contínuos, ocasionado a “ponte verde”, e ao uso de cultivares de milho suscetíveis a essas doenças. No caso das viroses, observa-se que algumas cultivares apresentam expressiva tolerância pois, apesar dos sintomas foliares, estas apresentam boa produtividade. No entanto, nota-se a falta de melhores estudos em relação ao comportamento de alguns genótipos hoje comercializados, pois algumas cultivares não apresentam os sintomas visuais clássicos do mosaico comum, mas ao atingirem o estágio de enchimento de grãos, tornam-se sintomáticas, com necrose na palha, má formação de espigas e quebramento de plantas (Figura 8), comprometendo a produção e a colheita.

Um das práticas que precisam ser aperfeiçoadas é o controle do milho safrinha resteva, resistente ao glifosato (RR), nas lavouras de soja RR implantadas em sucessão cultural. O atraso na aplicação de herbicidas amplia a “ponte verde”, favorecendo a multiplicação do pulgão e a sobrevivência da cigarrinha, com a consequente manutenção dos patógenos no ambiente.

De uma maneira geral, o controle dos vírus e mollicutes aqui descritos, assim como dos seus respectivos vetores, cigarrinhas e pulgões, é efetivamente alcançado por uma combinação de diversas medidas. Dentre elas, encontra-se a adoção da rotação de culturas, de preferência com não gramíneas, que podem servir de hospedeiras tanto para os patógenos quanto para os vetores; a eliminação de restos culturais e a eliminação de perdas durante a colheita, evitando o surgimento de tigueras; eliminação de gramíneas da vegetação espontânea hospedeiras, tanto dos patógenos como de vetores; evitar a semeadura tardia e, com o auxílio dos sistemas regionais de extensão rural, sincronizar a semeadura do milho na região; e, especialmente, a adoção de cultivares resistentes ou tolerantes aos patógenos. A adoção em conjunto dessas medidas possibilita realizar um manejo integrado das doenças e de seus vetores-chave, minimizando o uso de inseticidas e tornando os ambientes de produção ambiental e economicamente sustentáveis.

REFERÊNCIAS

BERNREITER, A.; GARCIA TEIJEIRO, R.; JARRIN, D.; GARRIDO, P.; RAMOS, L. First report of maize yellow mosaic virus infecting maize in Ecuador. **New Disease Reports**, v. 36, p. 11, 2017.

BOSQUE-PÉREZ, N. A. Eight decades of maize streak virus research. **Virus Research**, v. 71, p. 107-121, 2000.

CHEN, S.; JIANG, G. Z.; WU, J. X.; LIU, Y.; QIAN, Y. J.; ZHOU, X. P. Characterization of a novel polerovirus infecting maize in China. **Viruses**, v. 8, p. 120, 2016.

COSTA, A. S.; KITAJIMA, E. W.; ARRUDA, S. C. Moléstias de vírus e de micoplasmas do milho em São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, v. 4, p. 39-41, 1971.

CIMMYT Maize Program. **Maize Diseases: A Guide for Field Identification**. 4th ed. Mexico, D.F.: CIMMYT, 2004.

DA SILVA, M. F.; GONÇALVES, M. C.; PINTO, L. R.; PERECIN, D.; XAVIER, M. A.; LANDELL, M. G. A. Evaluation of Brazilian sugarcane genotypes for resistance to Sugarcane mosaic virus under greenhouse and field conditions. **Crop Protection**, v. 70, p. 15-20, 2015.

FONTENELE, R. S.; ALVES-FREITAS, D. M. T.; SILVA, P. I. T.; FORESTI, J.; SILVA, P. R.; GODINHO, M. T.; VARSANI, A.; RIBEIRO, S. G. Discovery of the first maize-infecting mastrevirus in the Americas using a vector-enabled metagenomics approach. **Archives of Virology**, v. 163, p. 263-267, 2018.

GONÇALVES, M. C.; SANTOS, A. S.; MAIA, I. G.; CHAGAS, C. M.; HAKAKAVA, R. Characterization of an isolate of Sugarcane mosaic virus breaking down resistance of commercial sugarcane varieties. **Tropical Plant Pathology**, v. 32, p. 44-51, 2007a.

GONÇALVES, M. C.; MAIA, I. G.; GALLETI, S. R.; FANTIN, G. M. Mixed infection by Sugarcane mosaic virus and Maize rayado fino virus causing breaking yields in maize in São Paulo state. **Summa Phytopathologica**, v. 33, p. 22-26, 2007b.

GONÇALVES, M. C.; GALDEANO, D. M.; MAIA, I. G.; CHAGAS, C. M. Genetic variability of Sugarcane mosaic virus genotypes causing maize mosaic in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 362-369, 2011

GONÇALVES, M. C.; PINTO, L. R.; CRESTE SOUZA, S.; LANDELL, M. G. A. Virus Diseases of Sugarcane. A Constant Challenge to Sugarcane Breeding in Brazil. **Functional Plant Science & Biotechnology**, v. 6, p. 108-116, 2012.

GONÇALVES, M. C.; GODINHO, M.; ALVES-FREITAS, D. M. T.; VARSANI, A.; RIBEIRO, S. G. First report of maize yellow mosaic virus infecting maize in Brazil. **Plant Disease**, v. 101, p. 2156-2157, 2017.

GONÇALVES, M. C.; RAMOS, A.; NASCIMENTO, T.; HAKAKAVA, R.; DUARTE, A. P.; LOPES, J. R. S. Aphid transmission of maize yellow mosaic virus: an emerging polerovirus. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, p. 544-549, 2020.

HOGENHOUT, S. A.; AMMAR, E. D.; WHITFIELD, A. E.; REDINBAUGH, M. G. Insect Vector Interactions with Persistently Transmitted Viruses. **Annual Review of Phytopathology**, v. 46, p. 327-359, 2008.

MARTIN, D. P.; SHEPHERD, D. N. The epidemiology, economic impact and control of maize streak disease. **Food Security**, v. 1, p. 305-315, 2009.

OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, C. M. **Doenças em milho**: mollicutes, vírus, vetores, mancha por phaeosphaeria. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004.

PALANGA, E.; LONGUÉ, R. D. S.; KOALA, M.; NÉYA, J. B.; TRAORÉ, O.; MARTIN, D. P.; PETERSCHMITT, M.; FILLOUX, D.;

ROUMAGNAC, P. First report of maize yellow mosaic virus infecting maize in Burkina Faso. **New Disease Reports**, v. 35, p. 26, 2017.

READ, D. A.; FEATHERSTONE, J.; REES, D. J. G.; THOMPSON, G. D.; ROBERTS, R.; FLETT, B. C.; MASHINGAIDZE, K.; BERGER, D. K.; WELGEMOED, T.; PIETERSEN, G.; SCHULZE, S. E.; KIULA, B.; KULLAYA, A.; MBEGA, E. First report of maize yellow mosaic virus (MaYMV) on maize (*Zea mays*) in Tanzania. **Journal of Plant Pathology**, v. 101, p. 203, 2018.

REDINBAUGH, M. G.; STEWART, L. R. Maize lethal necrosis: an emerging, synergistic viral disease. **Annual Review of Virology**, v. 5, p. 301-322, 2018.

SHUKLA, D. D.; WARD, C. W.; BRUNT, A. A. The Potyviridae. Centre for Agriculture and Biosciences International. **Cambridge University Press**, Cambridge, UK. 1994. 516 p.

TEAKLE, D. S.; SHUKLA, D. D.; FORD, R. E. Sugarcane mosaic virus. In: **AAB Descriptions of Plant Viruses**, Wellesbourne, Warwick, UK. n. 342, 1989.

WANG, Q.; ZHANG, C.; WANG, C.; QIAN, Y.; LI, Z.; HONG, J.; ZHOU, X. Further characterization of Maize chlorotic mottle virus and its synergistic interaction with Sugarcane mosaic virus in maize. **Scientific Reports**, v. 7, p. 39960, 2017.

YAHAYA, A.; AL RWAHNIH, M.; DANGORA, D. B.; GREGG, L.; ALEGBEJO, M. D.; LAVA KUMAR, P.; ALABI, O. J. First report of maize yellow mosaic virus infecting sugarcane (*Saccharum* spp.) and itch grass (*Rottboellia cochinchinensis*) in Nigeria. **Plant Disease**, v. 101, p. 1335, 2017.

XI. BIOLOGIA, HOSPEDEIROS E MANEJO DE PULGÕES EM MILHO

Rafael Major **Pitta** ⁽¹⁾

Simone Martins **Mendes** ⁽²⁾

RESUMO

O aumento da produção de milho na segunda safra no país trouxe consigo, dentre outros, o aumento da importância econômica de pulgões, sendo *Rhopalosiphum maidis* a principal espécie, ocorrendo principalmente no final do período vegetativo e início do período reprodutivo. Vários sintomas são relatados na lavoura em função do ataque intenso dessa praga, 1) transmissão de viroses à planta, 2) crescimento de fungos oportunistas (fumagina) em função da grande produção de *honeydew* sobre a folha, e finalmente, o sintoma mais raro, 3) a possibilidade da redução de polinização das espigas. Diante desse cenário, este capítulo sumariza as principais informações sobre a biologia da praga, seus principais hospedeiros e as estratégias para seu controle, bem como aborda a provável relação entre o aumento da frequência de controle da cigarrinha *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcot) (Homoptera: Cicadellidae) (vetora de fitopatógenos em milho) com o aumento da importância dos pulgões na cultura. Para embasar essa hipótese, realizou-se uma pesquisa on-line com produtores e consultores envolvidos com o cultivo milho. Os resultados revelam aumento da aplicação de inseticidas para o controle dessa praga, sobretudo o percentual de produtores que realizam mais de uma aplicação. Vale aqui

⁽¹⁾ Pesquisador Científico, Embrapa Agrossilvipastoril, Caixa Postal 343, CEP 78550-970, Sinop-MT. rafael.pitta@embrapa.br

⁽²⁾ Pesquisadora Científica, Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701970, Sete Lagoas-MG. simone.mendes@embrapa.br

ressaltar a importância do monitoramento da praga e o respeito de seu nível de controle como bases técnicas na tomada de decisão de controle a fim de garantir o uso rentável, eficaz e sustentável dos inseticidas nas lavouras.

Palavras-chave: *Rhopalosiphum maidis*, Mosaico comum do milho, MIP milho.

1. INTRODUÇÃO

O manejo de pragas na cultura do milho tem se tornado cada vez mais complexo, com aumento da importância de insetos sugadores no cultivo. Em uma série temporal, o percevejo barriga-verde *Disceraeus melacanthus* (DALLAS, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) é o primeiro sugador no cultivo a preocupar os agricultores (Figura 1A), pois seus danos podem reduzir o estande da lavoura. Em seguida, surgem as infestações da cigarrinha *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcot) (Hemiptera: Cicadellidae), vetora de patógenos causadores do enfezamento (Figura 1B) e, na fase final do período vegetativo, o pulgão do milho, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Homoptera), que é a principal espécie de pulgão na cultura (Figura 2).

Essa espécie de pulgão está disseminada em todas as regiões brasileiras produtoras de milho e ocorre normalmente no final do estágio vegetativo e início do estágio reprodutivo. Ao se alimentar da seiva da planta, os pulgões excretam uma substância açucarada denominada *honeydew* (mela), sobre a qual pode crescer a fumagina (fungo oportunista que pode reduzir a capacidade fotossintética da planta). Além disso, essa praga é vetora de viroses para a cultura e, em infestações extremamente elevadas podem alterar o processo de polinização das espigas. O aumento da produção de milho na segunda safra, trouxe consigo, dentre outros, o aumento da importância econômica dessa espécie-praga, sobretudo porque na principal época de ocorrência, depois do estágio de 12 folhas completamente formadas, a

incidência de chuvas nas principais regiões produtoras é mais escassa. Desta forma, objetivamos com esse capítulo revisar as características das principais espécies de pulgão na cultura do milho, caracterizar sua ocorrência e principais estratégias de manejo, bem como abordar a correlação do aumento da importância da cigarrinha do milho com o aumento da importância dos pulgões, através de dados obtidos por uma pesquisa on-line com produtores e consultores envolvidos com o cultivo do milho. Nesse cenário, é fundamental ressaltar a necessidade do aumento de pesquisas que abordem métodos mais sustentáveis de controle, uma vez que as principais moléculas inseticidas se repetem para diferentes pragas na cultura, o que pode representar em um curto prazo o comprometimento das atuais estratégias de controle.

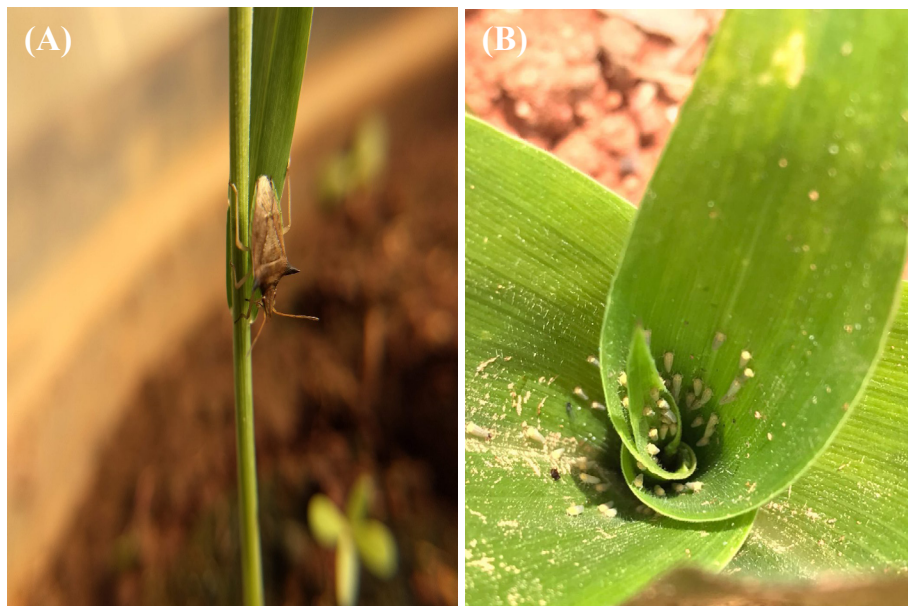


Figura 1. Adulto do percevejo barriga verde *Disceraeus* spp. (A) e Adultos da cigarrinha do milho *Dalbulus maidis* (B). Foto: Mendes, S. M.

2. PULGÕES

Os pulgões, um dos grupos de insetos-praga amplamente distribuídos geograficamente na agricultura, podem causar perdas de produtividade em diversos sistemas produtivos devido a danos diretos e indiretos as plantas. Os danos diretos são devidos à (1) sucção da seiva no floema, (2) injeção de substâncias contidas em sua saliva que podem ser tóxicas às plantas e (3) interferência na performance fisiológica das culturas. Seus danos indiretos são causados por (1) transmissão de vírus durante a alimentação e (2) excreção do *honeydew* que causa alterações na microflora presente na superfície das plantas que, por consequência, influenciará em sua fisiologia (WELLINGS et al., 1989).

Apesar da maior riqueza de espécies de pulgões ocorrer em regiões mais frias, esse grupo de insetos se adaptou às condições tropicais ou temperadas sem frio extremo, como no Brasil. Uma de suas adaptações foi se reproduzir por partenogêse telítoca, onde fêmeas virgens dão origem a outras fêmeas (PERKOVSKY e WEGIEREK, 2017).

As espécies mais comuns de afídeos encontradas em milho são *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (espécie predominante) e *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) (Figuras 2 e 3). Em temperatura constante de 25 °C, o período médio dessas espécies para atingir fase adulta e se multiplicar é de seis dias e um número médio de ninfas produzidas de 40 ninfas/fêmea quando desenvolvidos em boas plantas hospedeiras (FONSECA et al., 2005; DESCAMPS e CHOPA, 2011).

Fatores como espécie ou cultivar, estado nutricional, estado de déficit hídrico e fase fenológica das plantas hospedeiras afetam o desenvolvimento e o potencial reprodutivo dos pulgões. Aqueel e Leather (2011) constataram variações significativas na biologia dos pulgões *R. padi* e *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775) em função das cultivares de trigo hospedeiras, além de benefícios biológicos nas duas espécies, quando desenvolvidas em plantas adubadas com nitrogênio. Esse nutriente eleva a concentração de aminoácidos livres na seiva, que são uma fonte alimentar essencial para os pulgões (SANDSTRÖM

e MORAN, 1999). Plantas sob estresse hídrico também apresentam elevação na concentração de aminoácidos livres na seiva, fenômeno esse já comprovado com *R. maidis* quando alimentado em plantas de milho com restrição hídrica (MAIA et al., 2006).

Em relação à influência da fenologia da planta no desenvolvimento dos pulgões, a fase próxima ao florescimento é a mais propícia para o desenvolvimento dos pulgões (MAIA et al., 2005). Justamente a fase mais crítica da planta ao ataque da praga, uma vez que elevadas infestações produzem uma quantidade de *honeydew* capaz de impedir a entrada dos grãos de pólen no estilo-estigma da espiga e/ou dispersar os grãos de pólen devido à compactação gerada por essa substância (PEREIRA et al., 2006).



Figura 2. Ninfas e adultos do pulgão do milho, *Rhopalosiphum maidis*. Foto: Pitta, R. M.



Figura 3. Ninfas e adultos do pulgão-da-aveia, *Rhopalosiphum padi*. Foto: Pitta, R. M.

3. RHOPALOSIPHUM MAIDIS

Conhecido como pulgão-do-milho, os indivíduos ápteros têm formato oval, coloração verde-oliva a verde-azulado, antenas curtas e pernas, sifúnculos e cauda escuras. Se alimentam de folhas jovens de seus hospedeiros. Essa espécie é predominante no milho e provavelmente o principal afídeo-praga de cereais cultivados em climas tropical e temperado ao redor do mundo (BLACKMAN e EASTOP, 2017). *Rhopalosiphum maidis* pode também causar danos em diversas plantas daninhas de Poaceas e eventualmente Cyperacea e Typhaceae (RAZMJOU e GOLIZADEH, 2010).

4. *RHOPALOSIPHUM PADI*

Ápteros têm formato mais oval que *R. maidis*, variando sua coloração de um verde mosqueado com verde-amarelado ao verde-oliva, verde-oliva escuro ou preto-esverdeado, e muitas vezes com manchas ferrugíneas ao redor da base dos sífúnculos. Popularmente chamado de pulgão-da-aveia, *R. padi* ataca as principais espécies de cereais e pastagens de gramíneas e é provavelmente a principal praga dos cereais em clima temperado. Além de alimentar de diversas espécies de Poaceas, pode colonizar muitas outras monocotiledôneas e algumas dicotiledôneas (BLACKMAN e EASTOP, 2017).

Além dos danos mencionados anteriormente, os pulgões são importantes vetores de vírus que infectam o milho. São eles: mosaico comum *Sugarcane mosaic virus* (SCMV), *Sorghum mosaic virus* (SrMV), *Maize dwarf mosaic virus* (MDMV), *Johnsongrass mosaic virus* (JGMV) (SHUKLA et al., 1994), *Zea mosaic virus* (ZeMV) (SEIFERS et al., 2000) e *Pennisetum mosaic virus* (PenMV) (DENG et al., 2008), sendo todos pertencentes ao gênero Potyvirus. Existe também *Sugarcane yellow leaf virus* pertencente aos Poleovirus (ELSAIED, 2013) e *Maize yellow mosaic virus* pertencente aos Polerovirus que também são transmitidos por pulgões (STEWART et al., 2020).

No Brasil, o principal vírus transmitido por pulgões que infecta o milho é SCMV (GONÇALVES et al., 2007), mas existem registros também de *Johnsongrass mosaic virus* detectado em plantas de sorgo (SOUZA et al., 2017) e *Maize yellow mosaic virus* em milho (GONÇALVES e DUARTE, 2021).

Uma característica epidemiológica importante de SCMV é que esse vírus infecta outras espécies de plantas, como cana-de-açúcar, sorgo e milho que, por diversas vezes, são cultivadas próximas uma da outra, braquiária *Urochloa brizantha*, teosinto *Euchlaena mexicana*, além de plantas daninhas, como capim marmelada *Urochloa plantaginea* e sorgo selvagem *Sorghum verticilliflorum*, intensificando assim a taxa de transmissão da doença (SOUZA et al., 2016). *Rhopalosiphum maidis*

e *R. padi* são as espécies mais eficientes na transmissão desse vírus, porém outras espécies pouco presentes em milho, como *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) e *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) também são vetores (HASAN et al., 2003; SINGH et al., 2004), assim como podem transmitir outros vírus mencionados anteriormente.

5. MANEJO DE PULGÕES EM MILHO

A época da ocorrência dessa espécie de pulgão, concentrada no final do estágio vegetativo e início do reprodutivo, bem como o local de ocorrência (ponto de crescimento da planta), torna o manejo dessa praga particularmente difícil, uma vez que atingir o alvo com a lavoura de milho “fechada” não é tarefa fácil, mesmo com pulverizações aéreas. Contudo, mesmo dentro desse contexto o controle químico tem se tornado uma estratégia cada vez mais utilizada, principalmente com inseticidas de ação sistêmica, por conseguirem controlar os insetos que estão protegidos dentro do cartucho da planta, ao passo que inseticidas de contato só conseguem boa efetividade após o florescimento, pois os insetos se tornam alvos expostos.

Apesar da eficácia do controle químico, é preciso enfatizar que o manejo de pulgões ou de qualquer outra praga não deve ser alicerçado em apenas uma das estratégias de controle, pois tal prática se torna inviável a médio e longo prazo devido ao processo natural de seleção de indivíduos resistentes a determinada tática de controle. A evolução nos registros de pragas resistentes a inseticidas tem crescido em uma projeção preocupante, sendo um problema global a ser manejado (TABASHNIK et al., 2004).

Um fator importante no processo de evolução da resistência é o tempo de exposição de uma espécie ao seu agente controlador. Assim, é importante rotacionar o uso dos inseticidas em função de seus modos de ação para reduzir o tempo de exposição a determinada molécula ao longo das safras.

Apesar de ser uma estratégia óbvia, na prática isso se torna mais complexo, pois na lavoura coexistem diversas espécies-praga como, por exemplo, no milho onde temos o percevejo barriga-verde *Diceraeus* spp., a cigarrinha do milho *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott, 1923), a lagarta *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) e pulgões ocorrendo ao mesmo tempo em pelo menos algum momento do ciclo da planta. Dessa forma, a necessidade de controle para uma espécie-praga promove que outras espécies também entrem em contato com os inseticidas e, portanto, isso deve ser levado em consideração para a rotação de modos de ação.

A crescente importância econômica dos percevejos e da cigarrinha em milho acarretou o aumento do número de pulverizações de inseticidas e, como existem poucos grupos químicos de inseticidas registrados para seu controle e a maioria desses inseticidas também são utilizados para o controle de pulgões (Tabela 1), o período de exposição dessas espécies tem sido intensificado.

Além da preocupação com a resistência, o aumento da frequência de pulverizações de inseticidas para controlar insetos sugadores como *D. maidis*, importante transmissor de fitopatógenos no milho, pode elevar também o número de pulverizações para o controle de pulgões, devido à redução drástica da comunidade de inimigos naturais (predadores e parasitoides). Esse fenômeno pode ocorrer de maneira direta quando se utiliza inseticidas de largo espectro e, portanto, tanto pragas como inimigos naturais são mortos, ou de maneira indireta quando se utiliza inseticidas seletivos, porém de maneira intensiva. Apesar dos inseticidas seletivos não matarem os inimigos naturais, a comunidade pode reduzir em função da alta mortalidade de presas ou hospedeiros (fontes alimentares) e conseqüentemente, esses inimigos podem não permanecer no ambiente. Nesse cenário, reinfestações de insetos-praga ganham uma vantagem significativa, pois suas taxas de mortalidade causadas por inimigos naturais serão menores e então, a taxa de incremento de indivíduos a cada geração se torna potencializada.

Tabela 1. Ingredientes ativos (sub-grupo químico ou exemplo de ingrediente ativo) registrados para a cultura do milho para o controle de insetos-sugadores

Ingredientes ativos	Produtos registrados	<i>R. maidis</i>	<i>D. maidis</i>	<i>D. furcatus</i>	<i>D. melacanthus</i>
Acefato (organofosforado)	9				
acetamiprido (neonicotinoide)	7				
acetamiprido (neonicotinoide) + alfa-cipermetrina (piretroide)	2				
acetamiprido (neonicotinoide) + bifentrina (piretroide)	1				
acetamiprido (neonicotinoide) + fenpropratrina (piretroide)	1				
acetamiprido (neonicotinoide) + fipronil (fenilpirazol)	1				
beta-ciflutrina (piretroide) + imidacloprido (neonicotinoide)	1				
bifentrina (piretroide) + carbossulfano (carbamato)	1				
bifentrina (piretroide) + cipermetrina (piretroide)	1				
bifentrina (piretroide) + diafentiurom (diafentiurom)	1				
bifentrina (piretroide) + imidacloprido (neonicotinoide)	4				
bifentrina (piretroide) + metomil (carbamato)	1				
cipermetrina (piretroide) + profenofós (organofosforado)	2				
cipermetrina (piretroide) + tiametoxam (neonicotinoide)	2				
Clotianidina (neonicotinoide)	2				
Dinotefuram (neonicotinoide) + lambda-cialotrina (piretroide)	1				
Etiprole (Fenilpirazol)	1				
imidacloprido (neonicotinoide) + tiodicarbe (carbamato)	1				
imidacloprido (neonicotinoide)	8				
lambda-cialotrina (piretroide) + sulfoxaflor (sulfoxaminas)	3				
lambda-cialotrina (piretroide) + tiametoxam (neonicotinoide)	4				
lambda-cialotrina (piretroide)	6				
metomil (carbamato)	1				
tiametoxam (neonicotinoide)	6				

Gerado a partir da base de dados do Agrofit. https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Células em cinza significam que os produtos são registrados para espécie na respectiva coluna.

Para responder a essa hipótese de que o aumento da importância de *D. maidis* pode impactar em maior número de pulverizações para o controle de pulgões, foi enviado em agosto de 2021 um questionário eletrônico para produtores e extensionistas, via aplicativo de mensagens, perguntando o número de pulverizações realizadas para o controle de pulgões antes e após os crescentes prejuízos causados pelos mollicutes transmitidos por *D. maidis*.

Os resultados a seguir foram gerados a partir de 161 questionários oriundos de diversas localidades brasileiras produtoras de milho. Não será apresentado possíveis diferenças no controle da praga por região, pois não foi nosso objetivo com o estudo e, portanto, algumas parametrizações como amostragem proporcional em relação ao número de propriedades rurais em cada região e nível tecnológico dos produtores não foram realizadas.

Nota-se que com a intensificação do controle de *D. maidis*, o controle de pulgões em milho também passou a ser mais relevante para os produtores e consultores, pois quando a importância econômica de *D. maidis* era menor, 44% dos entrevistados não observavam necessidade de controle de pulgões, 43% realizavam em média uma pulverização, 11% realizaram duas pulverizações e apenas 2% chegaram a pulverizar três vezes para o controle da praga (Figura 4). No entanto, os entrevistados afirmaram que após o recente surto epidêmico de enfezamentos em milho e, portanto, o controle de cigarrinhas se tornou uma prática rotineira, apenas 30% dos entrevistados não realizaram pulverizações direcionadas para o controle de pulgões, 38% realizaram uma pulverização, 24% utilizaram duas pulverizações e 8% realizaram três pulverizações (Figura 5).

Das 161 respostas analisadas, em 38% delas houve acréscimo no número de pulverizações para o controle de pulgões após o aumento da importância econômica de *D. maidis*. Ao analisar exclusivamente esses entrevistados, nota-se que quando o controle de *D. maidis* não era uma atividade corriqueira, 44% delas não realizavam pulverizações, 39% realizavam em média uma pulverização e 22% realizavam até

duas pulverizações para controle de pulgões no passado. Portanto, as aplicações direcionadas para o controle de pulgões em milho não apenas aumentaram em frequência, mas também se tornaram mais comuns entre os produtores.

Embora os resultados do questionário sugiram que há aumento populacional de pulgões, após o aumento da importância econômica de *D. maidis*/enfezamentos nas lavouras de milho, não se pode afirmar categoricamente que os danos causados por pulgões são maiores atualmente, pois não há um monitoramento sistematizado das infestações da praga ao longo das safras.

Apesar dos métodos de monitoramento e nível de controle estarem estabelecidos pela pesquisa, na prática, o monitoramento das lavouras fica restrito a observações visuais, sem que haja contagem de insetos e frequência de plantas infestadas e, isso pode levar a falsas impressões de necessidade de controle.

Em função dos pontos elencados acima, fica evidente a importância de uma efetiva transferência de tecnologia para que os produtores rurais possam tomar suas decisões o mais tecnicamente possíveis. Entretanto, a quantidade de profissionais da extensão rural está aquém da necessidade brasileira. Investimentos em extensão rural são importantes para a implementação dos benefícios promovidos pela pesquisa como aumento da lucratividade dos produtores, segurança alimentar e proteção ambiental (BUENO et al., 2020).

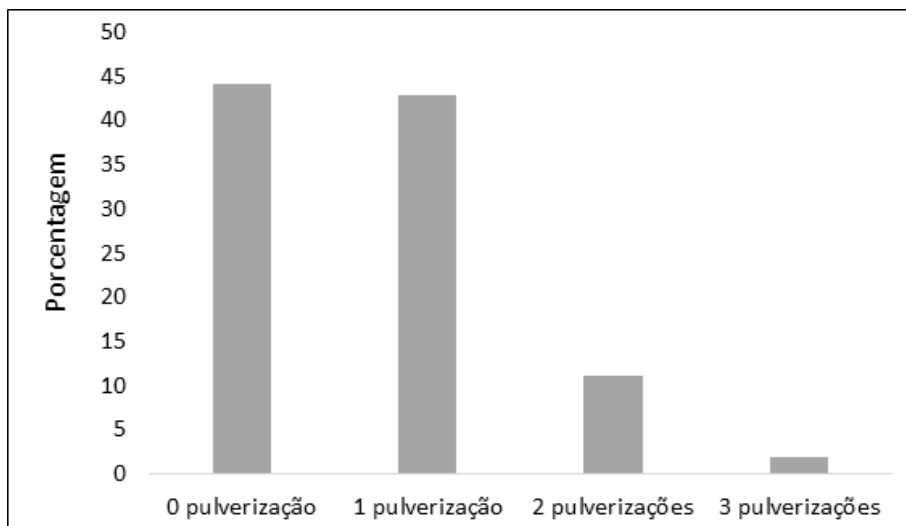


Figura 4. Número de pulverizações direcionadas ao controle de pulgões em milho quando a importância econômica de *Dalbulus maidis* era menor.

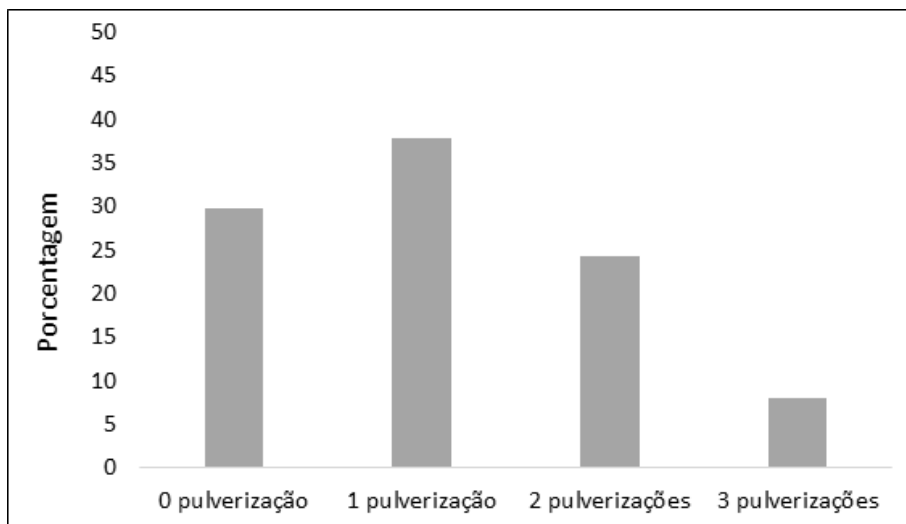


Figura 5. Número de pulverizações direcionadas ao controle de pulgões em milho após aumento da importância econômica de *Dalbulus maidis*.

São evidentes os malefícios do uso exacerbado de inseticidas e, portanto, é necessário que empreguemos o manejo integrado de pragas,

desde suas bases como identificar corretamente as espécies, amostrar de maneira correta as infestações das espécies-praga e respeitar seus respectivos níveis de controle. Pereira et al. (2006) recomendam que o monitoramento se inicie na fase vegetativa, classificando as plantas com as seguintes notas: 0 (sem pulgões), 1 (1 a 100 pulgões por planta) e 2 (mais de 100 pulgões por planta). Segundo os autores, o controle é justificado quando 50% das plantas estiverem com nota 2 e sob estresse hídrico.

Um engano comum dos monitores de pragas ao avaliar a infestação de pulgões é contabilizar como pulgões vivos as exúvias (exoesqueleto do inseto após a mudança de ínstar) e indivíduos mortos por parasitoides (múmias) por permanecerem aderidos as folhas (Figura 6B). Se o(a) profissional não souber reconhecer, pode superestimar a infestação de pulgões e optar por uma pulverização desnecessária. Normalmente, poucos dias após o florescimento, a taxa de parasitismo se torna bem elevada (Figura 6A), reduzindo a população da praga drasticamente.

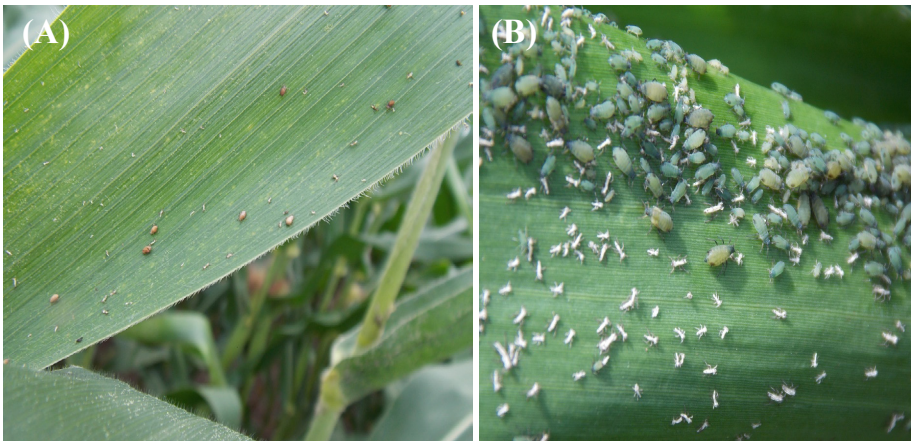


Figura 6. Indivíduos de *Rhopalosiphum maidis* parasitados com aspecto mumificado (A); indivíduos de *R. maidis* saudáveis ao lado de suas exúvias de coloração branca (B). Foto: Pitta, R. M.

Outros inimigos naturais dos pulgões como tesourinhas, crisopídeos, sirfídeos ocorrem abundantemente em milho e desempenham um importante papel na regulação populacional da praga (Figura 7). Quando respeitados os níveis de controle e utilizados produtos seletivos, os benefícios do controle biológico natural são potencializados.

Respeitar esses parâmetros para decisão de controle proporciona uma significativa economia nos custos de produção. Como mencionado, o manejo eficaz de qualquer praga demanda a integração de táticas de controle.

No caso dos pulgões, pode-se citar o emprego do manejo cultural ao se controlar plantas daninhas e tiguerras de culturas comerciais que hospedem os pulgões (milho, sorgo, aveia, trigo) (Figura 8). Esse manejo é fundamental para evitar a “ponte verde” e assim, as infestações iniciais na cultura serão baixas e por consequência a necessidade de controle e a taxa de transmissão de doenças serão menores.



Figura 7. Espécies de predadores de pulgões comumente encontrados em milho. Adulto e ninfas de tesourinha (A); larva de crisopídeo (B); adulto de joaninha (C) e adulto e larva de sirfideo (D). Foto: Pitta, R. M.



Figura 8. Plantas de milho tiguera na cultura da soja que antecederá o cultivo de milho (ponto verde para insetos como pulgões e cigarrinhas). Foto: Pitta, R. M.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo de pragas baseado excessivamente no controle químico tem tornado o sistema produtivo cada vez mais complexo e oneroso, ainda mais no caso de insetos vetores como os pulgões, pois baixas infestações já são capazes de comprometer o teto produtivo das culturas e seu manejo demanda esforços da entomologia e da fitopatologia.

Apesar das viroses transmitidas por pulgões não serem um dos principais fatores de redução de produtividade em milho, é possível que o problema se agrave futuramente, uma vez que se tem percebido aumento na necessidade de controle desses insetos.

Investimentos em pesquisa e transferência de tecnologia são fundamentais para a superação dos problemas fitossanitários em sistemas intensificados de cultivo.

AGRADECIMENTOS

A todos os produtores rurais e extensionistas que contribuíram com o preenchimento da planilha eletrônica sobre controle de insetos sugadores em milho.

REFERÊNCIAS

AQUEEL, M. A.; LEATHER, S. R. Effect of nitrogen fertilizer on the growth and survival of *Rhopalosiphum padi* (L.) and *Sitobion avenae* (F.) (Homoptera: Aphididae) on different wheat cultivars. **Crop Protection**, v. 30, p. 216-221, 2011.

BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. Taxonomic issues. In: VAN EMDEN, H. F.; HARRINGTON, R. (Eds.). **Aphids as crop pests**. Oxfordshire: CABI, 2017. p. 1-27.

BUENO, A. F.; PANIZZI, A. R.; HUNT, T. E.; DOURADO, P. M.; PITTA, R. M.; GONÇALVES, J. Challenges for adoption of integrated pest management (ipm): the soybean example. **Neotropical Entomology**, v. 50, p. 5-20, 2020.

DENG, C. L.; WANG, W. J.; WANG, Z. Y.; JIANG, X.; CAO, Y.; ZHOU, T.; WANG, F. R.; LI, H. F.; FAN, Z. F. The genomic sequence and biological properties of *Pennisetum mosaic virus*, a novel monocot-infecting potyvirus. **Archives of Virology**, New York, v. 153, p. 921-927, 2008.

DESCAMPS, L. R.; CHOPA, C. S. Population growth of *Rhopalosiphum padi* L. (Homoptera: Aphididae) on different cereal crops from the semiarid pampas of Argentina under laboratory conditions. **Chilean Journal of Agriculture Research**, San Tiago, v. 71, n. 3, p. 390-394, 2011.

ELSAIED, A. I. Maize (*Zea mays* L.) constitutes a novel host to Sugarcane yellow leaf virus. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ontario, v. 35, p. 68-74, 2013.

FONSECA, A. R.; CRUZ, I.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Resistência de genótipos de sorgo ao pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae): II. Teste de confinamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 323-334, 2005.

GONÇALVES, M. C.; MAIA, I. G.; GALLETI, S. R.; FANTIN, G. M. Infecção mista pelo *Sugarcane mosaic virus* e *Maize rayado fino virus* provoca danos na cultura do milho no estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 4, p. 348-352, 2007.

GONÇALVES, M. C.; DUARTE, A. P. Combate eficaz. **Cultivar**. Pelotas, n. 265, p. 12-14, 2021.

HASAN, M.; SAHI, G. M.; WAKIL, W.; IMANAT, Y. Aphid transmission of sugarcane mosaic virus (SCMV). **Pakistan Journal of Agriculture Sciences**, Faisalabad, v. 40, n. 1-2, p. 74-76, 2003.

MAIA, W. J. S.; CRUZ, I.; CARVALHO, C. F.; WAQUIL, J. M.; PINHO, R. G. V.; CARVALHO, S. P.; MAIA, T. J. A. F.; LOUREIRO, I. Efeito do estágio fenológico do milho (*Zea mays* L.) sobre a infestação pelo pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 308-315, 2005.

MAIA, W. J. S.; LOUZADA, J. N. C.; CRUZ, I.; ECOLE, C. C.; MAIA, T. J. A. F. Efeito da umidade do solo na biologia de *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 1, p. 37-47, 2006.

PEREIRA, P. R. V. da.; SALVADORI, J. R.; FIGUEIREDO, A.; FURIATTI, R. S. **Ocorrência do pulgão-do-milho *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856)**: identificação, biologia e danos. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 5 p. (Comunicado Técnico 200).

PERKOVSKY, E.; WEGIEREK, P. Aphid-Buchnera-Ant symbiosis; or why are aphids rare in the tropics and very rare further south? **Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh**, Cambridge, v. 107, p. 297-310, 2017.

RAZMJOU, J.; GOLIZADEH, A. Performance of corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Homoptera: Aphididae) on selected maize hybrids under laboratory conditions. **Applied Entomological and Zoology**, Tokio, v. 45, n. 2, p. 267-274, 2010.

SANDSTRÖM, J.; MORAN, N. How nutritionally imbalanced is phloem sap for aphids?. In: SIMPSON, S. J.; MORDUE, A. J.; HARDIE, J. (Eds.). **Proceedings of the 10th International Symposium on Insect-Plant Relationships**. Series Entomologica. Dordrecht Springer: Elsevier, 1999. p. 203-201.

SEIFERS, D. L.; SALOMON, R.; MARIE-JEANNE, V.; ALLIOT, B.; SIGNORET, P.; HABER, S.; LOBODA, A.; ENS, W.; SHE, Y. M.; STANDING, K. G. Characterization of a novel potyvirus isolated from maize in Israel. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 90, p. 505-513, 2000.

SOUZA, I. R. P.; MELLO, N. O.; CARVALHO, S. G. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SABATO, E. O.; GONÇALVES, I. A. M.; BARROS, B. A. Potyvirus causando mosaico em plantas daninhas nas culturas do milho

e do sorgo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31. 2016. Bento Gonçalves. **Anais [...]** Bento Gonçalves: ABMSE, 2016.

SOUZA, I. R. P.; BARROS, B. A.; XAVIER, A. S.; CARVALHO, S. G. M.; SABATO, E. O.; GONÇALVES, I. A. M.; NODA, R. W.; RODRIGUES, J. A. S. Johnsongrass mosaic virus infecting sorghum in Brazil. **International Journal of Current Research**, Sakkardara, v. 9, n. 12, p. 63415-63422, 2017.

SHUKLA, D. D.; WARD, C. W.; BRUNT, A. A. The Potyviridae. Centre for Agriculture and Biosciences International. **Cambridge University Press**, Cambridge, UK. 1994. 516 p.

SINGH, B. U.; PADMAJA, P. G.; SEETHARAMA, N. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. **Crop Protection**, v. 23, n. 9, p. 739-755, 2004.

STEWART, L. R.; TODD, J.; WILLIE, K.; MASSAWE, D.; KHATRI, N. A recent discovered maize poleovirus causes leaf reddening symptoms in several maize genotypes and is transmitted by both the corn leaf aphid (*Rhopalosiphum maidis*) and the bird cherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi*). **Plant Disease**, Saint Paul, v. 104, p. 1589-1592, 2020.

TABASHNIK, B. E.; MOTA-SANCHEZ, D.; WHALON, M. E.; HOLLINGWORTH, R. M.; CARRIÈRE, Y. Defining terms for proactive management of resistance to bt crops and pesticides. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 107, n. 2, p. 496-507, 2014.

WELLINGS, P. W.; WARD, S. A.; DIXON, A. F. G.; RABBINGE, R. Crop Loss Assessment. In: Aphids: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. (Eds.). **World Crop Pests**. Nova York: Elsevier, 1989. p. 49-63.

XII. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO SAFRINHA NA REGIÃO DE PARAGOMINAS, PA

Bazílio Wesz **Carloto** ⁽¹⁾

Khayo Wender Souza **Cardoso** ⁽²⁾

RESUMO

A região de Paragominas se destaca no estado do Pará com a maior área de soja, em torno 747 mil hectares, sendo 180 mil hectares no próprio município. O cultivo de soja possibilitou a segunda safra, com destaque para o milho safrinha, que ocupou cerca de 10 mil hectares em 2021. A época de semeadura é de meados de março até o primeiro decêndio de abril, podendo ocorrer excesso de chuvas na semeadura e seca acentuada a partir de junho, com grande variação entre anos. A utilização de cultivares de soja e milho mais precoces e o consórcio com *Brachiaria ruziziensis* têm sido importantes para a implantação da segunda safra e a obtenção de boas produtividades. A principal praga é a lagarta-de-de cartucho, seguida dos percevejos. Predominam doenças foliares, principalmente a ferrugem polissora, e o complexo enfezamento e viroses ainda não são um problema grave. A colheita geralmente é feita com o milho seco no campo e toda a produção é vendida para granjas de frango de Belém do Pará.

Palavras-chave: Produção, Amazônia, diversificação.

⁽¹⁾ Engenheiro Agrônomo, Coopernorte Cooperativa Agroindustrial, Rod. PA 256, nº 776, Paragominas-PA. CEP: 68.627-451. bwcarloto@hotmail.com

⁽²⁾ Graduando em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA Paragominas. Rod. PA 256, nº 776, Paragominas-PA. CEP: 68.627-451. khay0.agro@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A criação do município de Paragominas, localizado no Sudeste paraense está interligada ao processo de intensificação de ocupação do território amazônico. Até a década de 1970, a densidade demográfica na Amazônia era caracterizada como a região brasileira menos povoada (Figura 1) e com menor interligação econômica com o mercado nacional (SUDAM, 1971).

A fundação de Paragominas foi estrategicamente planejada e incentivada pelo governo federal e estadual (FEARNSIDE, 1980; HOMMA, 2003), que realizaram a concessão de terra a Célio Miranda, que junto a uma comitiva construiu a cidade com recurso próprio e aporte financeiro advindo da venda de glebas a fazendeiros de diferentes regiões do Brasil, atraídos por propagandas promovidas em jornais de circulação nacional (LEAL, 2000).

A região de Paragominas foi a que mais desmatavam no estado do Pará, com altos índices de desflorestamento entre a década de 1970 e meados da década de 2000. Atualmente, a região é referência em produtividade atrelada à sustentabilidade. Uma área que se expande ano após ano, com forte influência do agronegócio em suas mais variadas nuances.

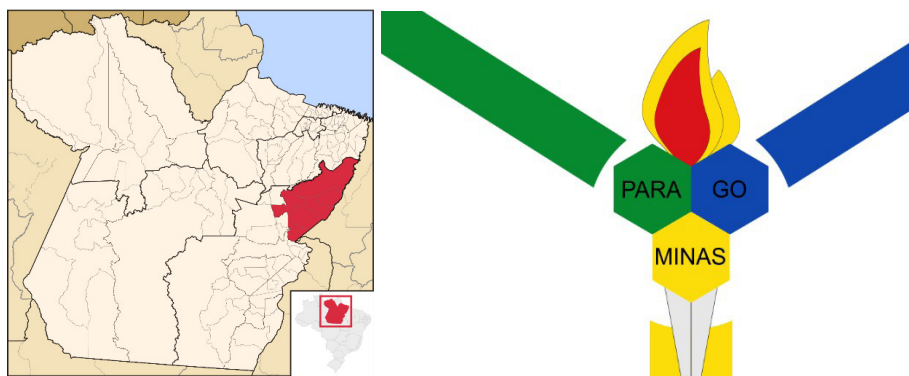


Figura 1. Mapa do estado do Pará destacando Paragominas e bandeira do município.

Nesse cenário, o município sempre teve a influência acentuada do agronegócio, sempre marcando os principais ciclos da região e com o declínio da atividade madeireira em meados dos anos 80, o município de Paragominas precisou reinventar-se para manter a atividade produtiva como o principal fator de transformação econômica-social na região.

A partir da forte imigração principalmente de capixabas, goianos e gaúchos, a cidade começou o seu processo de expansão tendo a agricultura como a principal responsável por atrair pessoas para iniciar o plantio de soja nesta fronteira agrícola. No fim da década de 90, foi implantado o Projeto Soja, fomentado por 21 cooperados que se uniram para produzir uma área de três hectares com dezoito variedades, marcando assim o início da produção de grãos.

O Brasil possui grande extensão territorial, com variabilidade climática, períodos de déficit hídrico em algumas estações do ano, e alguns dos fatores que viabilizam a produção de milho safrinha nesta região, foram principalmente a implantação de cultivares de soja de ciclo mais precoce e híbridos de milho de ciclo mais curto, em virtude da extensão curta da janela pluviométrica e bastante variável de acordo com o passar dos anos.

A região Norte vem ganhando destaque no cenário nacional através da adoção de manejos que proporcionam cada vez mais o aumento da sua produtividade.

De acordo com a experiência há mais de vinte e cinco anos, pode-se afirmar que o maior índice de chuvas concentra-se entre os finais do mês de dezembro e do mês de maio, no entanto, há safras que são exceção à regra, podendo apresentar alongamento ou encurtamento do período de precipitação.

Nesta região, os indicadores da possibilidade de safrinha se dão através da análise minuciosa da previsão climática do mês de dezembro, onde procura-se estimar o volume das chuvas dos meses subsequentes, como uma forma de especulação se haverá condições hídricas de se apostar nessa segunda safra. Apesar da instabilidade climática

observada no início da janela de plantio e durante o desenvolvimento, a safra 2020/21 se saiu muito bem, aproveitando os bons preços pagos para o milho e a soja.

Os destaques da safra de grãos do estado do Pará foram as culturas de milho e soja (Tabela 1). No geral, a área colhida de grãos teve um aumento considerável 22,70% em relação à safra 2019/20, passando de 963 mil hectares para 1,181 milhões de hectares. Entre os municípios que tiveram destaques estão Paragominas, que colheu a maior área de soja do estado, com 179,6 mil hectares, 7,54% a mais do que a safra passada (Conab, 2021).

Tabela 1. Área cultivada com soja, arroz, milho verão e milho safrinha na região de Paragominas-PA ⁽¹⁾, nas safras 2018/19 a 2021/22

Cultura/Época	Safras			
	2108/19	2019/20	2020/21	2021/22 ⁽²⁾
	----- hectares -----			
Soja	729.020	701.000	737.500	747.000
Arroz	30.349	12.856	14.970	15.100
Milho Verão	90.620	80.090	102.690	122.000
Milho Safrinha	4.550	5.200	10.200	21.000

⁽¹⁾ Municípios: Ipixuna, Paragominas, Dom Eliseu, Goianésia do Pará, Tailândia, Rodon do Pará, Abel Figueredo, Ulianópolis, Capitão Poço e Tomé-Açu.

⁽²⁾ Estimativa. Fonte: IBGE.

Outro fator determinante para a tomada de decisão da inserção da safrinha de milho (Figura 3) são as condições climáticas do plantio de soja na safra principal. Se o plantio das cultivares da leguminosa for concluído até a primeira semana do mês de janeiro, a probabilidade das cultivares de milho serem plantadas após a colheita da soja é bastante acentuada.

Caso contrário, demais culturas são inseridas como opção de segunda safra, como o sorgo, gergelim (Figura 5) e o feijão-mungo-verde (Figura 4), em virtude do alto custo e ciclo longo da cultura do milho. As culturas alternativas são uma excelente opção de segunda safra,

devido à sua alta rusticidade, ciclo mais curto, sem altas exigências que oneram a operação. Além disso, é necessário que o produtor leve em consideração além do clima, a fertilidade do solo, a tecnologia que está sendo adquirida e principalmente o manejo que será realizado.

O milho expressa alta sensibilidade a estiagens, logo a ocorrência de períodos com redução do aporte hídrico às plantas em períodos críticos do desenvolvimento da cultura, florescimento à maturação fisiológica, pode ocasionar redução direta no rendimento final (BERGAMASCHI, et al., 2004). A deficiência hídrica antecedendo a emissão das anteras pode resultar em redução de 50% no rendimento de grãos e em pleno florescimento ocasiona queda de 20% a 50% em período de 2 a 8 dias, respectivamente (PEGORARE et al., 2009).

Pode-se inferir que a determinação de produzir milho safrinha está diretamente ligada à distribuição homogênea das chuvas, sendo a água um fator limitante para a atividade metabólica da cultura do milho.

O percentual da área da soja ocupada pelo milho safrinha em sucessão em algumas propriedades é de aproximadamente 70%, podendo variar de acordo com o período, principalmente quando a oferta pelo produto está baixa e a demanda alta. Logo, cabe ao produtor esse estudo de mercado para a determinação adequada da proporção do plantio.

O Sistema Plantio Direto (SPD) é consolidado como a maior inovação tecnológica da agricultura no fim do milênio. O simples fato de manter a palha deixada por culturas de cobertura sobre a superfície do solo (Figura 2), somada aos resíduos das culturas comerciais, cria um ambiente extremamente favorável ao crescimento das lavouras de milho e contribui para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção da qualidade do solo.

A importância dessa camada de palha sobre a superfície do solo é destacada por Heckler et al. (1998) da seguinte maneira: “Essa camada funciona como atenuadora ou dissipadora de energia, protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, atua como obstáculo

ao movimento do excesso de água que não infiltrou no solo e impede o transporte e o arrastamento de partículas pela enxurrada”.

Neste contexto, a busca por plantas de cobertura de solo mais adaptadas aos diferentes ambientes edafoclimáticos e que se ajustem melhor aos sistemas de diversificação. Dessa forma, minimiza ou elimina a erosão, protege a superfície do solo e, conseqüentemente, seus agregados da ação direta dos raios solares e do vento. Diminui a evaporação, aumentando a infiltração e o armazenamento de água no solo, promovendo na camada mais superficial temperaturas mais amenas ao desenvolvimento de plantas e organismos.



Figura 2. Consórcio de milho com *Brachiaria ruziziensis* (GERM, R e EVERARD, C. M.).



Figura 3. Lavoura de milho safrinha em Paragominas-PA.



Figura 4. Lavoura de feijão-mungo-verde.



Figura 5. Cultivo de gergelim em Paragominas-PA.

2. TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO

O caso de sucesso atualmente se dá em função de uma área com manejo cumprido à risca durante várias safras. Além disso, a coragem e a resiliência do produtor em investir é um dos principais fatores para que se atinja altas produtividades. Entretanto, existem fatores de risco de perda ou limitação do potencial produtivo das lavouras de milho na região.

A precipitação adequada antes do plantio e após a semeadura configura-se como importante fator para o bom desenvolvimento do cultivo, no entanto, podem ocorrer intensas chuvas na época da colheita da soja, compreendida entre o fim de março e início de abril.



Figura 6. Consórcio de milho com *Brachiaria ruziziensis* na Fazenda Rio Grande em Paragominas.

Há a consorciação entre os híbridos e espécies forrageiras como *Brachiaria ruziziensis* e algumas espécies de *Panicum* (Figura 6). Os benefícios do consórcio entre gramíneas e leguminosas são indiscutíveis e fantásticos, todavia estão relacionados ao manejo estabelecido, principalmente quando há uma dessecação com a utilização de herbicidas, umidade adequada de plantio e boa regulação dos equipamentos.

2.1. Semeadura e cultivares

É comum para os produtores de milho safrinha do Norte brasileiro priorizar em sua totalidade a adoção do SPD, com exceção de áreas de primeiro ano, as quais estão sob processo de sistematização de solo, limpeza da área, regularização e construção da fertilidade. Denota-se que o Sistema Plantio Direto quanto mais tecnificado, aumenta a qualidade do solo e otimiza as condições de plantio. Esses fatores refletem no plantio da safrinha, que ocorre entre março e abril para que se tenha um aproveitamento adequado da incidência pluviométrica essencial até enchimento dos grãos.

Essa necessidade hídrica nesse estágio da cultura é determinante para boas produtividades, uma vez que na ausência de água na fase vegetativa afeta a resistência física do colmo e a capacidade de armazenamento de açúcares, formando plantas de menor porte e menor inserção foliar. Já na fase de pré-pendoamento até R1 a planta demanda muita água, porém, o encharcamento contribui para a inviabilidade dos grãos de pólen e pode afetar o sincronismo de pendão.

Da mesma forma, o déficit hídrico causa o ressecamento do estigma e do grão de pólen. Do estágio R1 a R3 esse fenômeno afeta a taxa fotossintética e causa o baixo acúmulo de matéria seca pela planta. Na fase R4 até a maturidade dos grãos de milho, o estresse hídrico pode causar a redução do peso dos grãos devido à diminuição da deposição do amido.

Grande parcela dos agricultores da região de Paragominas encontra dificuldades no momento do plantio do milho safrinha, em virtude da alta precipitação, configurando assim maior cautela nas operações das máquinas em função do encharcamento do solo. Porém esse alto nível de água no solo, contribuiu para a ausência de estresse hídrico da cultura, otimizando assim a produção.

A última quinzena de março e a primeira quinzena de abril é o intervalo mais recomendado para semeadura para o menor risco de

perda por estresse hídrico e possibilidade de maior potencial produtivo, em função desse período compreender a finalização da colheita da soja e aproveitamento das chuvas, fator essencial para o estabelecimento de estandes mais uniformes e plântulas mais vigorosas.

Além disso, o produtor deve levar em consideração alguns procedimentos para antecipar a cultura anterior, possibilitando a produção de duas safras cheias. Um deste é o plantio de cultivares de soja de ciclo curto (90 a 100 dias), assim como um bom manejo de dessecação realizada com glufosinato (1 L ha^{-1}), para que a colheita da leguminosa seja antecipada. Outro fator que se leva em consideração é o uso de híbridos de milho 100% certificados e de ciclo curto (100 dias) para evitar que estresse com o verão.

Segundo um levantamento feito recentemente na região, foi possível constatar que o número de híbridos para cultivo de milho safrinha é feito a partir de dois a três materiais, e a proporção do uso de híbridos de milho entre transgênicos e convencionais, atualmente é feita na proporção 80% e 20%, respectivamente.

Produtividade, ciclo, qualidade dos grãos e sanidade, são alguns dos diversos parâmetros para a determinação do híbrido a ser cultivado na propriedade. Um dos maiores consumidores da produção de milho local concentra-se nas principais granjas do estado do Pará, e estes prezam muito pela qualidade dos grãos, afinal, é a principal matéria prima para a nutrição de aves de corte e postura.

Os materiais que possuem um teto produtivo muito alto, são menos resistentes ao ataque de pragas e doenças, para esse fator, é necessário ter um capricho e atenção quanto ao tempo correto das aplicações de fungicidas e inseticidas, para evitar a perda de produtividade em função da presença desses patógenos.

Atualmente, a principal fonte de informação se dá através da consultoria agrônômica especializada que existe em todos os processos produtivos da fazenda, assim como dos experimentos desenvolvidos para a obtenção de resultados reais para a tomada de decisão.

Entretanto, um importante veículo de informação é o compartilhamento de informações dos dias de campo promovidos pelas principais representantes de sementes de milho do mercado, do COOPER + Programa de Produtividade da COOPERNORTE e de demais dias de campo promovidos pelas empresas atuantes na região.

Embora o cultivo de milho safrinha ser ainda considerado uma tecnologia recente, a população por hectare predominante na região é de 53.000 sementes, com espaçamento de 0,60 m para a obtenção de 50.000 plantas por hectare no fim do ciclo.

Nesse contexto, a plantabilidade se destaca como uma das principais práticas para se obter sucesso na lavoura, pois esta envolve todos os processos decisivos da implantação da cultura, tais como: espaçamento entre plantas, espaçamento entrelinhas, determinação adequada de população, profundidade e velocidade de plantio.

Ao levar em consideração esse conjunto de fatores, o produtor garante que a lavoura se desenvolva de maneira mais adequada, afinal, proporcionar uma semeadura bem feita, refletirá na emergência uniforme das plântulas e conseqüentemente num estande final bem distribuído.

2.2. Adubação

Um dos fatores determinantes para o sucesso de qualquer lavoura, sem dúvida é um bom manejo de adubação. Na região, é comum que a adubação fosfatada (geralmente MAP), seja realizada no sulco de plantio e a adubação de cobertura seja feita a lanço, parcelada em duas vezes, sendo a primeira a mais importante, pois esta irá definir o potencial produtivo da cultura realizada após a emergência.

A segunda parcela é realizada visando o enchimento de grãos, quando a planta apresenta oito folhas definitivas. É costume de alguns produtores da região adiar a segunda parte da adubação com o objetivo de evitar que a adubação seja lixiviada. Quanto às fontes e doses na adubação da lavoura, utiliza-se de 100 a 150 kg ha⁻¹ de MAP na base,

que é uma opção de adubação fosfatada mais concentrada, bastante utilizada na região, nas doses 12-52 ou 10-50.

Além da adubação nitrogenada com sulfato de amônia ou ureia na cobertura, sendo distribuídas na dose de 200 kg ha⁻¹, o uso de micronutrientes também é bastante acentuado, principalmente na primeira pulverização. Além disso, sabendo da eficiência da bactéria do gênero *Azospirillum* é realizado também um manejo utilizando essa tecnologia.

As bactérias são microrganismos benéficos às plantas, pois colonizam a superfície das raízes e tecidos internos das plantas. Assim, as BPCPs são capazes de estimular o crescimento das plantas, devido a alguns fatores como: fixação biológica de nitrogênio, aumento na atividade da redutase do nitrato, produção de hormônios, solubilização de fósforo e por atuarem como agente de controle biológico de patógenos.

2.3. Controle de plantas daninhas

As espécies de plantas invasoras de maior incidência na região de folha estreita são: capim-amargoso (*Digitaria insularis*), capim-colchão (*Digitaria sanguinalis*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), carrapicho-de-carneiro (*Cenchrus echinatus*). As espécies de plantas daninhas de folha larga são: corda-de-viola (*Ipomoea purpurea*), erva-quente (*Spermacoce Latifolia Aubl.*) e trapoeiraba (*Commelina Benghalensis L.*).

O controle das plantas invasoras é realizado através do uso de herbicidas, principalmente à base de glufosinato para plantas de milho transgênicas, além de glifosato e atrazina (folha larga). A estimativa do uso contínuo do glifosato é baseada no planejamento realizado para a propriedade. Para se obter um bom resultado, recomenda-se uma boa aplicação pré-emergente, realizada após a colheita da soja e uma pós-emergente.

Um ponto a ser destacado, é que na região, muito comumente se realiza o consórcio do milho safrinha com a *Brachiaria ruziziensis*. O plantio do capim é feito em duas condições, sob a semeadura ou em um intervalo antes da semeadura do milho, no qual a braquiária germina, porém é feito o “travamento” do seu alongamento apical com o uso de 100 a 200 mL h⁻¹ a de mesotrione, podendo a dose ser variável de acordo com o estágio da braquiária.

Essa aplicação tem por objetivo retardar o crescimento do capim, evitando que haja uma competição por luminosidade entre este e as plantas de milho.

2.4. Controle de pragas

A principal praga para a cultura do milho na região é a lagarta-do-cartucho. Há incidência de algumas outras pragas como o percevejo, por exemplo, no entanto não apresentam danos significativos em virtude da sua baixa infestação. Neste contexto, a utilização de materiais com novas tecnologias transgênicas, configuram um avanço no que diz respeito à resistência ao glifosato para o controle de invasoras e resistência ao ataque de patógenos. Além disso, o controle biológico tem sido uma das ferramentas que facilitaram o manejo contra insetos-pragas.

2.5. Controle de doenças

Em Paragominas e região, as principais doenças que acometem a cultura do milho são: ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), fusariose (*Fusarium moniliforme*), helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), cercosporiose (*Cercospora zea-maydis*). Além disso, o enfezamento e as viroses são doenças que começam a incidir, mas ainda com baixa severidade, fazendo com que os agricultores apostem em materiais mais resistentes a estas doenças.

Considerada uma das mais importantes doenças do milho, não apenas pelo seu potencial em causar danos, mas também pela sua ampla distribuição nas regiões de cultivo do Brasil, a cercosporiose compromete a área foliar ocasionando uma perda fotossintética, essa perda leva à redução no número de grãos por espiga, redução na massa de grãos, conseqüentemente, queda na produtividade.

Uma das alternativas mais recorrentes pelos produtores para evitar perdas significativas, é promover a rotação de culturas para quebra do ciclo da doença e adotar o plantio de cultivares resistentes, além de evitar a permanência de restos culturais de milho nas áreas de ocorrência da doença.

A helmintosporiose é causada por um fungo que origina lesões nas folhas mais velhas da cultura, e evolui para outras partes da planta. As perdas podem chegar até 50% em ataques antes do período de floração, em cultivo do milho safrinha. Os sintomas da doença são lesões necróticas e elípticas com coloração do tecido necrosado, tendo variações na coloração de verde-cinza a marrom. O controle da doença pode ser realizado com a adoção de híbridos geneticamente resistentes.

Doenças de colmo são importantes e a principal doença é a diplodia (*Stenocarpela spp*). O vetor é um fungo e a ocorrência está em função do índice de precipitação pluviométrica durante a polinização, onde ocorre a inoculação do fungo, infectando as plantas através do estigma.

As principais formas de controle são com a aquisição de cultivares que possuam alta resistência ao ataque dos patógenos e a pontualidade e assertividade nas aplicações de fungicidas. O manejo fúngico garante altas produtividades e por isso boa parcela dos produtores de milho safrinha realizam duas aplicações de fungicidas, principalmente estrobilurina e propiconazole com pulverização aérea.

2.6. Colheita

A colheita do milho safrinha em Paragominas e região se concentra principalmente nos meses de julho e agosto; todavia, essa determinação se dá pela época de plantio, podendo ser mais precoce ou mais tardia, dependendo do período em que se finalizou a semeadura.

Para se colher os grãos, recomenda-se que a umidade média esteja entre 18% a 22%. Por se tratar de milho safrinha, essa época do ano a incidência pluviométrica é quase nula. Assim, é comum que parte dos produtores colha com umidade inferior à recomendada e venda o milho seco no campo.

3. COMERCIALIZAÇÃO

O estado do Pará além da sua acentuada produção, caracteriza-se como importador de milho, principalmente da produção do estado do Mato Grosso. O consumo local dos grãos é feito em sua maioria pelas granjas de frango, localizadas em Belém do Pará e nos municípios circunvizinhos. Parte da produção é comercializada imediatamente e parte é armazenada para comercialização futura.

Na safra 2020/21, a proporção do consumo imediato foi de 70% da produção; porém isso não é uma regra, podendo ser alterada de acordo com a demanda do mercado. De forma geral, os produtores de milho safrinha deste polo de produção costumam vender a sua produção para as principais empresas, e estas comercializam aos consumidores finais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expansão do cultivo de milho safrinha é uma oportunidade lucrativa para o produtor, diante da demanda do mercado externo e da possibilidade de cultivo duas vezes ao ano. O milho safrinha destaca-se entre as culturas de maior importância econômica para esta região, sendo produzido por aproximadamente 68% dos produtores de grãos do polo de Paragominas.

Os estados da Região Norte historicamente não figuram entre os grandes produtores de grãos do País. Porém, a produtividade das lavouras de milho, nessa região, vem aumentando gradativamente, em razão do uso de cultivares e híbridos que vem sendo desenvolvidos pelas pesquisas, aliados às práticas culturais mais modernas.

De forma geral, as perspectivas para a produção de milho safrinha são excelentes, pois existe a necessidade da diversificação de culturas, viabilização de maquinários e colaboradores. Através destas experiências a cada safra, é possível adquirir mais conhecimentos e segurança para investir cada vez mais.

Com base na pesquisa realizada, denota-se que o estado do Pará e mais precisamente a região de Paragominas tem crescido gradativamente no que diz respeito à inserção de novas tecnologias para otimizar a produção de milho safrinha. Isso se deve à utilização de variedades de soja e híbridos de milho de ciclo mais precoce, para o melhor aproveitamentos das chuvas e produção cada vez mais alta e rentável.

AGRADECIMENTOS

À COOPERNORTE pela oportunidade de gerir esse grande empreendimento, essencial para o desenvolvimento da agricultura no Norte brasileiro.

REFERÊNCIAS

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 7, sétimo levantamento, abr. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: out. 2021.

FEARNSIDE, P. M. Os efeitos das pastagens sobre a fertilidade do solo na Amazônia brasileira: consequências para a sustentabilidade de produção bovina. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 10, p.119-132, 1980.

HECKLER, J. C.; HERNANI, L. C., PITOL, C. Palha. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C. FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. p. 37- 49.

HOMMA, A. K. O. A expansão da soja na Amazônia: a repetição do modelo da pecuária? In: SEMINARIO GEOPOLITICA DA SOJA NA AMAZONIA, 2003, Belém. **Resumos...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, Museu Emilio Goeldi, 2003. CD-ROM.

LEAL, G. L. R. **Paragominas: a realidade do pioneirismo**. 2. ed. Paragominas: Prefeitura Municipal de Paragominas, 2000. 200 p.

PEGORARE, A. B.; FEDATTO, E.; PEREIRA, S. B.; SOUZA, L. C. F.; FIETZ, C. R. Irrigação suplementar no ciclo de milho “safrinha” sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 262-271, 2009.

SUDAM - SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. **Subsídios ao Plano Regional de Desenvolvimento (1972-1974)**. Belém, 1971. 246 p.

XIII. SISTEMA DE PRODUÇÃO DE MILHO SAFRINHA NAS REGIÕES SUDOESTE, OESTE E CAMPO DAS VERTENTES DE MINAS GERAIS

Carlos Roberto **Justino** ⁽²⁾

José Luiz de Andrade Rezende **Pereira** ⁽²⁾

Roni Peterson **Carlos** ⁽¹⁾

RESUMO

O presente trabalho é resultado de mais de 10 anos de acompanhamento e assistência da difusão do binômio soja-milho safrinha no Oeste, Sul/Sudoeste e Campos das Vertentes do estado de Minas Gerais. Os dados apresentados representam a realidade de fazendas assistidas e complementadas por colaboradores de outras instituições de pesquisa e empresas de consultoria. Foram analisados os resultados de produtividade de grãos de lavouras comerciais e campos experimentais, bem como a tecnologia utilizada no sistema de produção, dados climáticos, fertilidade dos solos, enfim todo o sistema produtivo envolvido para o milho segunda safra de sequeiro.

Palavras-chave: nebulosidade, baixas temperaturas, deficiência hídrica, Lago de Furnas, fertilidade do solo.

1. INTRODUÇÃO

Na figura 1 estão representadas as regiões Oeste, Sul/Sudoeste e Campos das Vertentes do estado de Minas Gerais. Elas fazem parte das 12 mesorregiões geográficas de Minas Gerais (IBGE, 2021).

⁽¹⁾ Engenheiro Agrônomo, AgroStar Consultoria Agrícola, Rua Antônio Esteves, 999, Jardim Aeroporto, Alfenas, MG - CEP 37.130-868. agrostar2016@hotmail.com e ronipeterson95@outlook.com

⁽²⁾ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS, Inconfidentes. joseluiz.pereira@ifsulde Minas.edu.br

Os primeiros plantios de milho safrinha nesta região ocorreram no início da década de 2010, quando a soja começou a se estabelecer, mesmo que ainda incipiente tomando espaço do milho verão, muito competitivo até então (Tabela 1).

Algumas características, tais como relevo ondulado, glebas contínuas menores que 200 hectares, falta de estrutura comercial e de recebimento de grãos, conservadorismo do produtor, tradição na pecuária de leite, pacotes tecnológicos adaptados para a cultura do café e milho verão, atrasaram a expansão sojícola na região. Porém, assim como o restante do país, a soja se adaptou e expandiu-se exponencialmente, incorporando novas terras ao sistema produtivo regional.

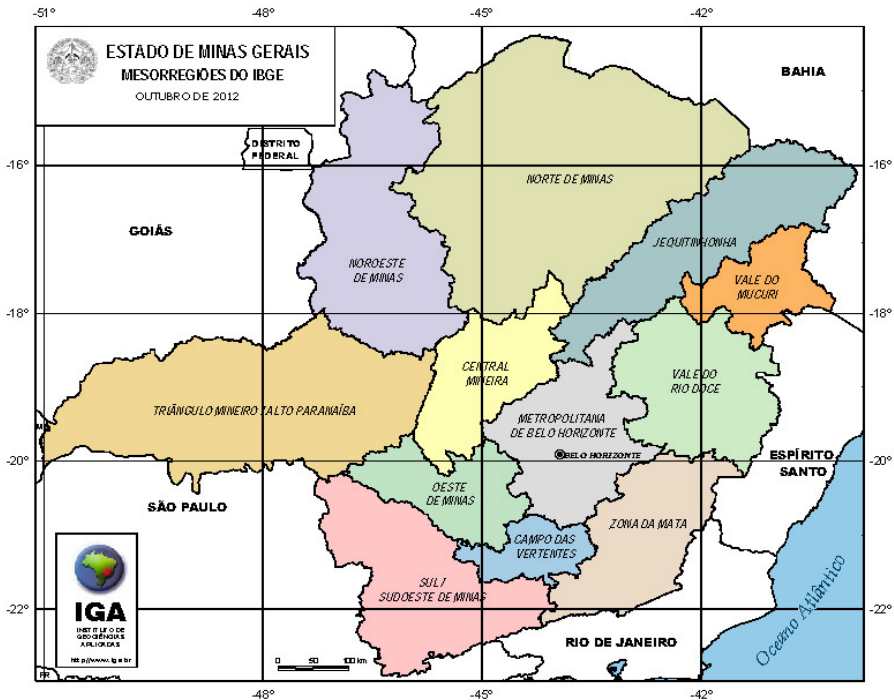


Figura 1. Mapa de Minas Gerais constando as regiões Oeste, Sul/Sudoeste e Campo das Vertentes (Fonte: IGA).

Com a introdução de novas cultivares de soja adaptadas à região e o ajuste do pacote tecnológico ocorrido nos últimos anos, favorecendo o aproveitando das condições edafoclimáticas para o seu cultivo, a soja produzida nesta região é competitiva, pois tem um custo de frete de exportação mais baixo, pela proximidade do porto de Santos, que é o principal exportador de grãos no Brasil. O aumento da área de soja possibilitou a exploração agrícola de uma segunda safra na região e estimulou o desenvolvimento de tecnologias para o milho safrinha. Destacam-se as pesquisas relacionadas à adaptação de cultivares, manejo nutricional e manejo integrado de pragas e doenças, que são fundamentais para gerar um pacote tecnológico do milho safrinha.

Tabela 1. Área plantada em hectares (ha), por cultura e por mesorregiões, 2010, 2017 e 2020

MESORREGIÕES	Milho Verão - Grãos			Milho Verão - Silagem			Milho Safrinha		
	2010	2017	2020	2010	2017	2020	2010	2017*	2020*
Campo das Vertentes	53.500	37.508	67.000	S.I.	18.699	SI	70	500	2.000
Oeste de Minas	84.000	43.347	76.300	S.I.	32.244	SI	140	5.000	45.000
Sul/Sudoeste de Minas	222.000	139.193	175.000	S.I.	75.910	SI	1.282	8.000	55.000
MESORREGIÕES	Soja			Feijão			Trigo		
	2010	2017	2020	2010	2017	2020	2010	2017	2020
Campo das Vertentes	1.290	19.179	34.350	11.000	18.617	34.000	0	12.794	19.330
Oeste de Minas	1.380	31.748	55.840	10.970	8.034	14.260	0	0	3.000*
Sul/Sudoeste de Minas	9.255	94.493	134.000	26.091	25.796	47.300	0	12.083	18.800

2010 - Dados Consolidados em março 2010 - IBGE. 2017 - Resultados Preliminares IBGE. 2020 - <https://sidra.ibge.gov.br/geratabela?name=Tabela%203.11%20-%20Minas%20Gerai.s.xlsx&format=xlsx&medidas=true&query=t/1612/g/28/v/allxp/p/2020/c81/all/l/p%2Bc81,v,t>. *Informado pelo autor; SI: Sem Informação.

A cultura do milho verão sempre foi muito tradicional e competitiva, com ótimas produtividades e altos investimentos. Este raciocínio, de certa forma foi migrado para a safrinha, com uma adubação e população de plantas superiores ao recomendado para a época de plantio, aumentando assim os custos.

Na figura 2 (A, B, C), observa-se que a Região de Machado apresenta temperatura mínima e/ou regime de chuvas, na fase de enchimento de grãos do milho safrinha, abaixo de municípios representativos de tradicionais regiões produtoras. Devido à altitude, os meses de abril e maio são frios e dificultam o crescimento da planta de milho (Tabela 2), além de aumentar os riscos de geada nos meses de junho e julho. Um agravante ainda maior, é que o início da estação chuvosa ocorre, geralmente, já na segunda metade de outubro, impossibilitando a antecipação dos plantios de soja, e o clima ameno de altitude alongam o ciclo da soja, restringindo a janela ideal de plantio do milho safrinha.

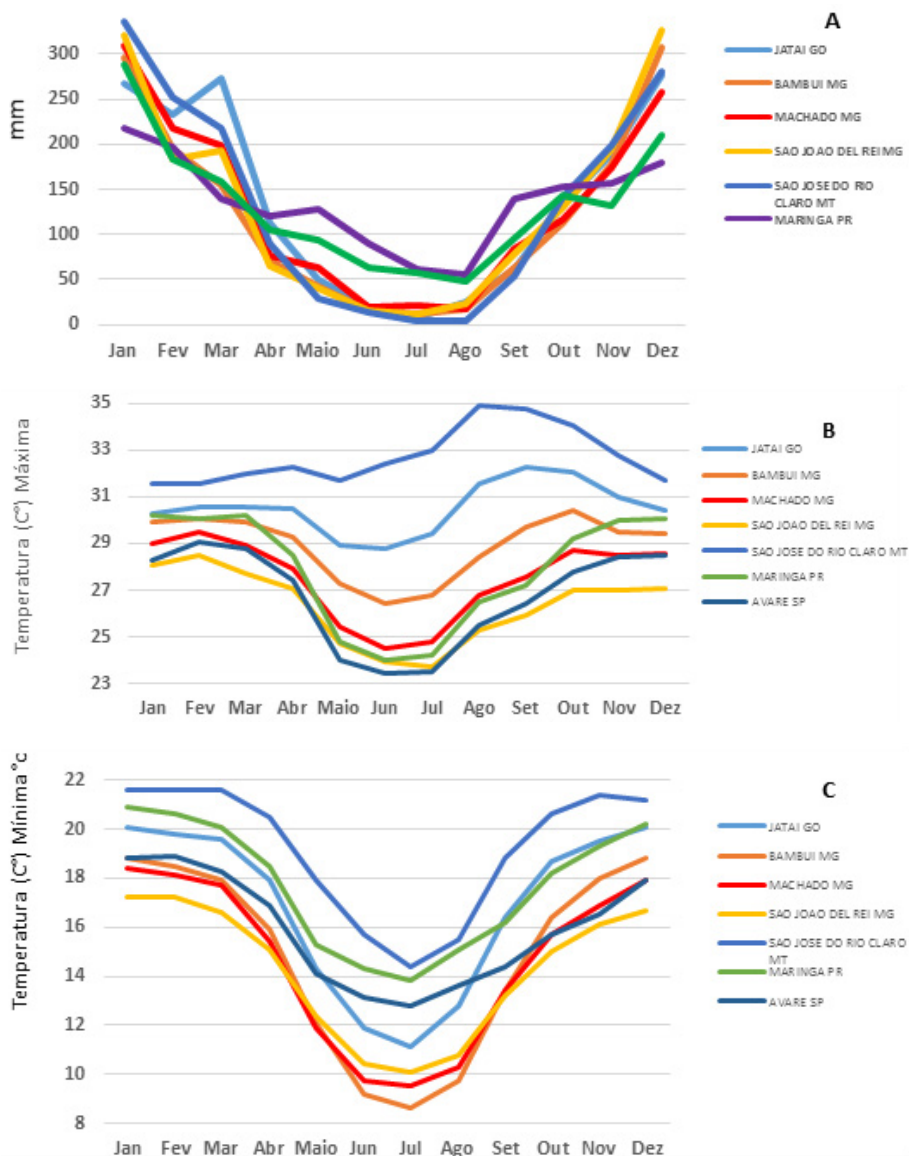


Figura 2. Precipitação média mensal acumulado (A), no período 1981 a 2010 de alguns municípios do Brasil. (Fonte: https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/30-Precipita%C3%A7%C3%A3o-Acumulada-NCB_1981-2010.xls). Médias das temperaturas máximas (B) e mínimas (C) no período 1961 a 1990, em municípios representativos de diferentes regiões produtoras de milho safrinha no Brasil (Fonte: https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/02-Temperatura-M%C3%A1xima-NCB_1981-2010.xls).

As produtividades obtidas em ensaios semeados durante todo o mês de março evidenciam a grande variabilidade da média entre anos (Tabela 3). Em 2020 e 2021, ocorreu um total de precipitação acumulada de apenas 84 e 76 mm, respectivamente, durante todo ciclo da cultura. Em 2021 ocorreram ainda geadas que ocasionaram perdas significativas nas lavouras. Isso demonstra a importância de antecipar a semeadura e corrigir o solo com calcário e gesso a uma profundidade de no mínimo 40 cm. O aumento da matéria orgânica do solo e as correções físico-químicas promovem um aumento no desenvolvimento radicular, permitindo que as raízes explorem maior volume de solo e absorvam a água para se desenvolver e produzir.

Tabela 3. Produtividade média de grãos (kg ha⁻¹) de dois híbridos (DKB 355 PRO3 e NS 90 Pro2) e uma variedade (AL Avaré) nos ensaios desenvolvidos em três locais no Sudoeste de Minas Gerais no período 2018 a 2021

CULTIVAR	FORMIGA					PARAGUAÇU					ALFENAS		
	2018	2019	2020	2021	Média	2018	2019	2020	2021	Média	2020	2021	Média
Média de Híbridos	9.307	9.007	6.187	6.722	7.806	8.239	8.817	6.793	3.515	6.841	6.393	4.295	5.344
AL Avaré	6.510	6.986	4.455	4.165	5.529	4.014	6.210	4.243	1.788	4.064	4.644	2.637	3.641

Fonte: IAC e AGROSTAR.

As produtividades médias das lavouras comerciais têm ficado ao redor de 6 t ha⁻¹, não excedendo 8 t ha⁻¹. Esses valores são um pouco inferior ao dos híbridos de bom potencial produtivo nos ensaios semeados no mesmo período, indicando que há potencial para melhorias. Mas, como o custo de produção tem sido relativamente baixo (Tabela 4) e a produção muito demandada, o milho safrinha torna-se viável economicamente.

Tabela 4. Produtividade, custo variável de produção, incluindo a operação de máquinas, e quantidade da adubação NPK em lavouras comerciais de milho safrinha, no período 2011 a 2021, em Machado - MG

Ano (¹)	Sc/ha	Custo (²) R\$/ha	Adubação (kg ha ⁻¹)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2011	107	R\$ 1.200,00	70	24	24
2012	102	R\$ 1.360,00	97	30	30
2014	107	R\$ 1.607,00	107	66	29
2017	85	R\$ 2.100,00	81	66	0
2018	91	R\$ 2.150,00	80	75	0
2019	123	R\$ 2.540,00	84	50	0
2020	101	R\$ 2.615,00	92	60	0
2021	50	R\$ 2.690,00	97	64	24

(¹) Lavouras não implantadas em 2013, 2015 e 2016; (²) Sem considerar o valor do arrendamento da terra. Fonte: Leonnardo Corsini Nannetti Dias, Fazenda Atlântica.

2. CARACTERÍSTICAS DAS MESORREGIÕES

Devido a particularidades climáticas e tecnológicas, as três regiões serão descritas separadamente a seguir.

2.1. Oeste de Minas

Os principais Municípios: Formiga, Bambuí, Iguatama, Piumhi, com altitudes variando entre 750 m e 1.000 m, de um lado cercado pela Serra da Canastra e de outro pelo lago de Furnas, ambos influenciam as características climáticas, conforme os dados abaixo (Figura 3).

Os solos são bem drenados, textura de mista a argilosa, com fertilidade natural baixa, que exigem altas doses de corretivos.

As propriedades são maiores, em torno de 400 ha, com presença de café, gado leiteiro e cana-de-açúcar.

3 décadas de inovações na cultura do milho safrinha: avanços e desafios

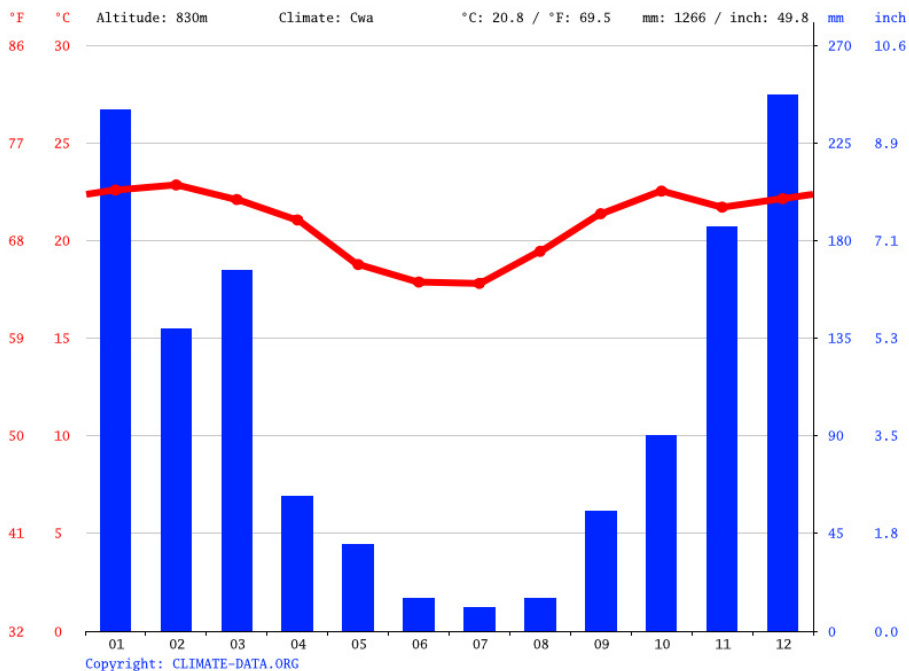


Figura 3. Dados climáticos de Formiga, nos meses de janeiro a dezembro (1 a 12) <https://pt.climate-data.org/>

Foi a região pioneira no plantio de milho safrinha em substituição a safrinha de sorgo, devido principalmente à dificuldade de controle das plantas daninhas nesta última.

Também, foi pioneira no uso da *Bracharia ruziziensis* em consórcio com milho safrinha, que a princípio foi semeada a lanço, no plantio, depois intercalando uma linha de milho com uma de braquiária, ficando o milho com um metro entrelinhas. Recentemente, alguns produtores fazem a semeadura com as mesmas máquinas utilizadas para o semeio do trigo, e a tecnologia mais recentemente utilizada são as semeadoras de sementes de pastagens elétricas acoplada na frente do trator que faz o plantio do milho.

Esta tecnologia foi introduzida na região pelos produtores Osvaldo Corso e Mário Corso que sempre defenderam a cobertura do solo, como fator determinante para o sucesso da agricultura da região.

Vários testes práticos foram conduzidos por sua equipe, liderada pelo seu gerente de campo, com suas ricas observações e anotações precisas, e o domínio desta tecnologia, buscando maior retorno no sistema soja-milho safrinha.

A adubação do sistema com base na agricultura de precisão, a cobertura do solo pelo consórcio milho-braquiária, a correção em profundidade e o controle de doenças contribuíram para as maiores produtividades na safrinha naquela região.

O plantio de trigo está tomando a área de safrinha, quando se encerra a janela de plantio do milho. De modo geral, em torno de 60% da área de soja recebe o milho safrinha. É a região com maior área irrigada na segunda safra, em torno de 10%.

2.2. Sul e Sudoeste de Minas

Os principais Municípios: Alfenas, Pouso Alegre, Três Corações, Boa Esperança, Guaxupé, Passos, Alpinópolis, Carmo do Rio Claro, com altitudes variando entre 700 m e 1.300 m, a Oeste cercado pela Serra do Cervo, a Sudeste a Serra da Mantiqueira, e ao Norte pelo Lago de Furnas, propiciando microclimas regionais peculiares, levando a interações diversas entre genótipos de milho e ambiente. Região com uma grande incidência de nebulosidade e baixas temperaturas mínimas a partir no mês de maio (Figura 4), favorecendo a formação de orvalho e criando um ambiente muito favorável a doenças, principalmente a mancha branca e a cercosporiose

Os solos são bem drenados, textura de mista a argilosa, com fertilidade natural baixa, que exigem altas doses de corretivos, com relevo muito ondulado, com ampla diversidade de produtores, culturas, tecnologias, etc.

As propriedades são pequenas, com poucos produtores “maiores”, com áreas de milho safrinha em torno de 200 ha, com grande área de café e gado leiteiro em confinamento.

3 décadas de inovações na cultura do milho safrinha: avanços e desafios

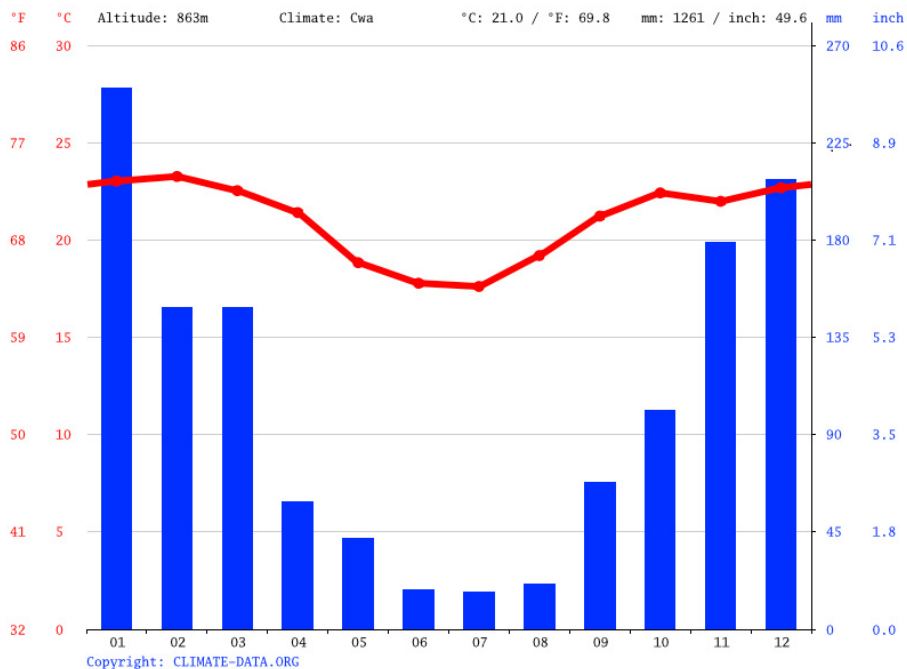


Figura 4. Dados climáticos de Alfenas, nos meses de janeiro a dezembro (1 a 12). <https://pt.climate-data.org/>

Nesta região, antes da soja se estabelecer, predominavam as culturas de cana-de-açúcar, café, milho grão e silagem, no verão, com safrinha de feijão. Atualmente, devido a expansão do cultivo da soja a área plantada com feijão reduziu drasticamente.

Maior diversidade climática, solo e tecnologia entre as três regiões, com aproximadamente metade da área de soja cultivada com milho safrinha; trigo, oportunamente feijão, e aveia completam o restante da área.

O sistema de produção da safrinha ainda não está bem definido, influenciado fortemente no início, pelo sistema de produção de plantio do milho verão, população alta e adubações além do potencial de produtividade esperada, onerando a atividade. Além disso, muitas terras novas incorporadas ao sistema de plantio, sem estarem prontas para

receber a cultura de milho safrinha, que tanto depende da exploração das raízes em maiores profundidades, tem ocasionado frustração e perdas significativas.

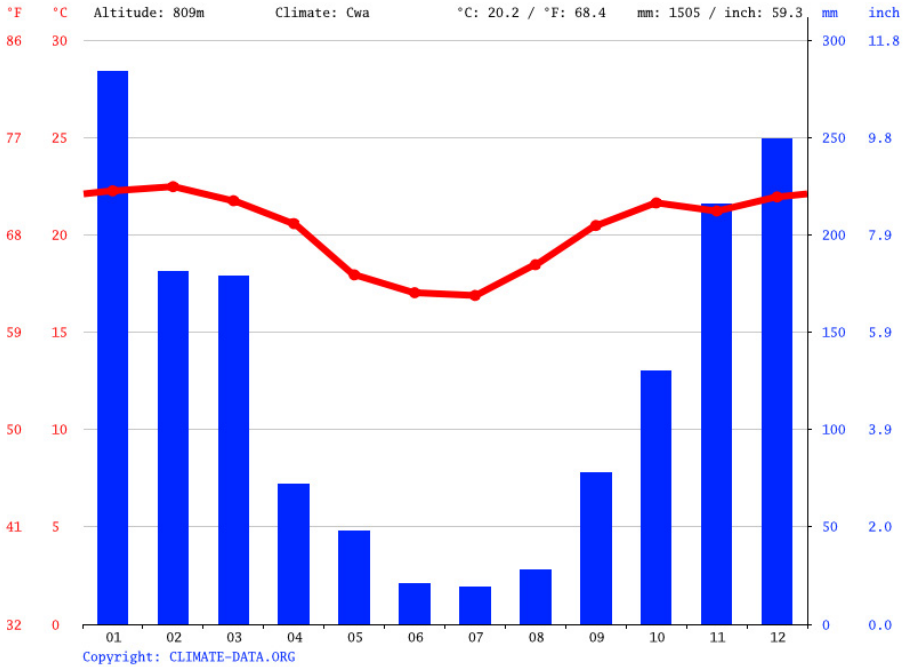


Figura 5. Dados climáticos de Machado, nos meses de janeiro a dezembro (1 a 12). <https://pt.climate-data.org/>

A dificuldade de encontrar as formulações de adubo adequadas e com custo acessível para a safrinha, tem contribuído para baixas produtividade e lucratividade. Geralmente, utiliza-se o MAP para plantio, que não fornece a quantidade suficiente de N para o arranque inicial, tão importante para esta cultura. Quase sempre as condições climáticas são desfavoráveis à aplicação deste nutriente em cobertura na fase adequada.

As doenças foliares, principalmente mancha branca e cercospora, tem alta incidência e severidade, principalmente em anos mais chuvosos.

Este é um fator determinante para escolha dos híbridos, principalmente para aqueles produtores que fazem apenas uma aplicação de fungicida.

O complexo de viroses e enfezamentos vem aumentando a incidência drasticamente, principalmente nos primeiros plantios de janeiro e início de fevereiro.

Na safrinha 2020/21, a Agrostar enviou quatro amostras de plantas sintomáticas ao complexo virose e enfezamentos, de híbridos teoricamente tolerantes a estas doenças, para o laboratório do Instituto Biológico, em São Paulo, para identificação das viroses presentes na região. Foram identificados a infecção conjunta de fitoplasma (*Spiroplasma kunkelii* e/ou *Candidatus Phytoplasma asteris*) com os vírus Maize rayado fino virus (MRFV), Maize striate mosaic virus (MSMV) e, em apenas uma amostra, o Sugarcane mosaic virus (SCMV).

Na safrinha 2020/21, estima-se perdas de 40% devido ao complexo enfezamento e viroses, nos plantios de janeiro, mesmo com três aplicações de inseticidas, em híbridos, que eram tidos como tolerantes pelas empresas.

O que agrava ainda mais está situação, diferente de outras regiões, é a grande área de milho Verão, plantada desde o início das chuvas até dezembro, favorecendo a "ponte verde" de patógenos e vetores.

2.3. Campos das Vertentes

Os principais municípios: Madre de Deus, Lavras, São João del-Rei, Ingaí, Luminárias e Cruzília com altitudes variando entre 850 m e 1.300 m, do lado Sudeste dividindo com parte da Serra da Mantiqueira, com clima ligeiramente mais frio e seco que os demais (Figura 6), onde geralmente a soja alonga o ciclo em mais de 10 dias, quando comparado com a região Oeste.

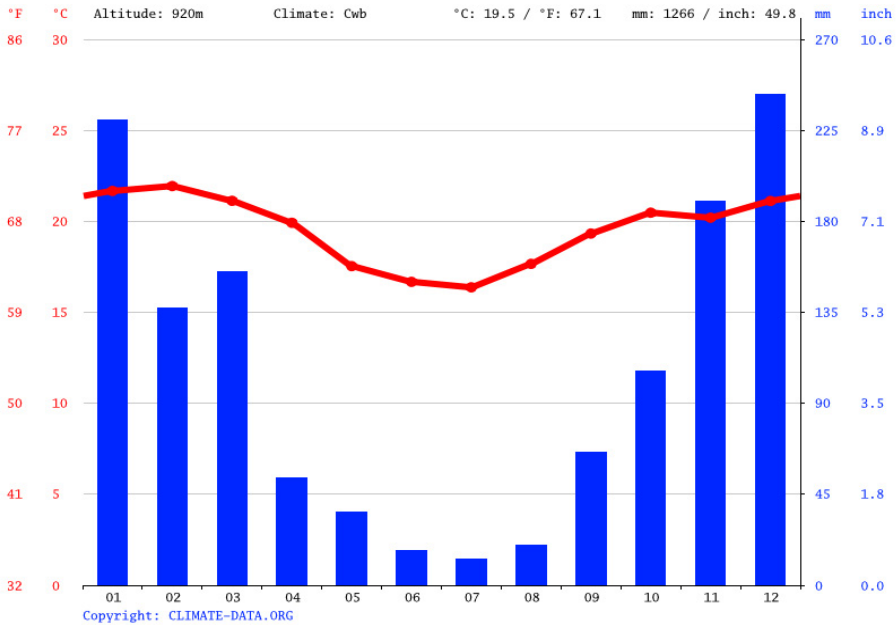


Figura 6. Dados climáticos de São João del-Rei, nos meses de janeiro a dezembro (1 a 12). <https://pt.climate-data.org/>

Nesta região ocorreu uma rápida expansão da agricultura, com produtores pioneiros, aproveitando de uma topografia relativamente mais plana, glebas maiores e propiciou a rápida adoção de tecnologia, em substituição aos produtores tradicionais, de pecuária extensiva e com predomínio de baixa tecnologia.

Região com a agricultura mais diversificada, com grandes áreas do binômio milho verão-feijão de inverno, e milho verão-trigo, soja-trigo, etc.

O milho safrinha está muito incipiente, começando a menos de três anos, principalmente pela janela de plantio muito restrita, sendo o plantio de feijão, trigo e aveia mais viável.

Devido à maior altitude a safrinha de milho fica ainda mais restrita. Tem sido um desafio imenso viabilizá-la, primeiro devido a

predominância de milho verão e feijão de inverno. A primeira cultura a ser plantada no verão, principalmente na região de Madre de Deus é milho superprecoce seguida, posteriormente, por soja.

Em termos de fertilidade do solo, é uma região que investiu muito em construção de perfil de solo, amplamente divulgado pela consultoria Reagro, que recomenda a aplicação de altas doses de calcário ($>10 \text{ t ha}^{-1}$) incorporado a mais 40 cm de profundidade, além da utilização do plantio consorciado com *B. ruziziensis*.

A safrinha 2021 foi severamente afetada pela geada, levando a perdas significativas e um certo desânimo nos produtores em investir na cultura.

3. TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO

3.1. Semeadura e cultivares

O sistema plantio direto é adotado em quase todas as lavouras de milho safrinha. Somente algumas áreas, em torno 30%, com necessidade de correção a maiores profundidades ou recém-incorporadas ao sistema agrícola, estão sendo preparadas com gradagem pesada e/ou subsolagem e gradagem.

Conforme mencionado anteriormente, os plantios de soja verão iniciam, geralmente, entre 15 e 20 de outubro, quando as chuvas se estabilizam e tem um volume suficiente para a germinação das sementes e o fotoperíodo é adequado para desenvolvimento da soja. A capacidade operacional tem aumentado bastante, mas o ciclo das variedades de soja plantadas, em torno de 115 a 125 dias, tem limitado muito o plantio da safrinha na melhor época, que seria entre 1º a 10 de fevereiro. Ou seja, a data de plantio do milho safrinha depende da época e do ciclo das cultivares de soja plantadas no verão. As cultivares mais utilizadas, de modo geral, são a Monsoy 5917 IPRO, MONSOY 6410 IPRO e Desafio.

Atualmente, a distribuição das épocas de plantio do milho safrinha é a seguinte:

- 01 a 10 fevereiro - 10%
- 11 a 20 fevereiro - 40%
- 20 a 29 fevereiro - 30%
- 01 a 10 março - 15%
- 10 a 20 março - 5%

A dessecação da soja antes da colheita com Paraquat agora Diquat ou glufosinato na dose de 2 L ha⁻¹, é largamente empregada para antecipar o plantio da safrinha, mas, a concentração da época e a grande capacidade de colheita, podem dificultar o recebimento dos grãos de soja, principalmente na região de Alfenas, causando atrasos na colheita se eventualmente as condições climáticas, exigirem secagem dos grãos da soja.

Os híbridos simples são de 50% a 60% das cultivares plantadas, triplos 20% a 30% e duplos 10%. Praticamente não se utilizam sementes sem origem definida.

Quanto à utilização das tecnologias transgênicas, existe uma variação de utilização entre as três mesorregiões aqui abordadas, mas a preferência até então é por híbridos Viptera sem tolerância a glifosato, depois de PRO sem RR, e as vezes até convencionais, em detrimento à presença do RR. Com o aumento da incidência de viroses e enfezamentos, prefere-se os híbridos com alta tolerância à esta doença, ficando em segundo plano quaisquer tecnologias transgênicas.

Na safrinha 2020/21, 20% da área plantada foi com convencionais, 30% com transgênico Bt sem RR e o restante com as demais tecnologias Bt associadas com RR.

O número de híbridos utilizados na propriedade está aumentando nos últimos anos. Atualmente, devido ao cenário descrito, plantam-se mais de três híbridos na propriedade.

O tratamento de sementes é empregado em mais de 90% das lavouras, preferencialmente o industrial, para sugadores e lagartas. O percevejo barriga-verde está bem controlado; a cigarrinha e pulgões têm contribuído bastante para a escolha dos tratamentos de sementes.

A principal fonte de informação para a escolha dos híbridos são faixas realizadas pelos próprios produtores juntamente com as empresas de sementes, em dias de campo, cuja realização diminuiu com a pandemia de Covid-19, pois a região ainda é carente de fonte de informação de instituições de pesquisa públicas para este fim.

Custo de sementes e produtividade são os fatores mais importantes na escolha dos híbridos, mas a tolerância à mancha branca, ao complexo enfezamento/viroses e à seca mais a resistência ao quebraamento/tombamento das plantas também pesam na escolha. Ciclo e qualidade de grãos têm baixa importância na escolha.

Recentemente, os produtores se conscientizaram da importância da redução da população de plantas, em relação ao milho verão, adotando entre 55.000 e 60.000 plantas até 15 fevereiro, 50.000 e 55.000 de 16 ao final de fevereiro e 45.000 e 50.000 plantas do início até 15 de março, logicamente respeitando as características de cada híbrido.

O espaçamento amplamente utilizado em mais de 90% da área está entre 50 e 60 cm.

A maior dificuldade para a uniformidade de germinação e do estande de plantas é o excesso de umidade no plantio, pois a alta umidade não impede a sua continuidade, provocando o espelhamento do sulco que dificulta o crescimento e desenvolvimento das raízes. Tem ocorrido também problemas de profundidade de sementes e adubo, onde reboleiras compactadas impedem que as semeadoras-adubadoras coloquem a semente e o fertilizante em profundidades uniformes. Neste ponto, a escolha e regulagem das semeadoras precisa evoluir para diminuir o problema.

3.2. Adubação

Na maioria das áreas a adubação é recomendada pensando no sistema soja-milho, onde todo potássio é aplicado na cultura da soja para suprir o milho safrinha.

O fertilizante MAP e seus derivados (09-54-00, 11-50-00, 13-44-00) são os mais utilizados para o plantio da soja e do milho safrinha.

A adubação de plantio no milho safrinha varia entre 150 a 250 kg ha⁻¹ de MAP e a cobertura com nitrogênio entre 100 a 150 kg ha⁻¹ de ureia (45-00-00), aplicada logo após o plantio até aos 30 dias, dependendo das condições da lavoura e do clima.

A dificuldade de encontrar fórmulas mais adaptados à safrinha (16-16-16, 13-13-13, 10-08-08, 10- 15-10, por exemplo) é um problema para a região, que ainda não tem tradição com esta cultura, contribuindo para limitar a produtividade. Apenas cerca de 10% dos produtores utilizam fórmulas apropriadas.

Geralmente estas fórmulas são enriquecidas com micronutrientes, principalmente zinco e boro. A aplicação foliar destes micronutrientes, juntamente com estimulantes, é amplamente utilizada. Estimulantes estes à base de aminoácidos, extrato de algas e indutores de resistência.

A utilização de *Azospirillum* é ainda muito baixa na safrinha, e menos de 10% utilizam de aplicação no sulco de plantio, alegando a diminuição da capacidade operacional do equipamento.

Uma tecnologia que tem sido testada com bons resultados, principalmente quando se utiliza fertilizantes à base de MAP no plantio, é a mistura de 150 kg de um composto granulado de carbonato de cálcio, magnésio e silício com o MAP, mas o processo de mistura é o maior limitante.

3.3. Controle de plantas daninhas

O controle das plantas daninhas é basicamente realizado com Atrazina + óleo, que até então apresentavam bom controle para as plantas daninhas mais comuns, como soja tiguera, trapoeraba, picão-preto e buva. Apenas 20% utilizam glifosato no milho safrinha porque prefere-se híbridos sem RR e, mesmo nos híbridos RR, a utilização de glifosato não é ampla. O uso do consórcio do milho com braquiária contribui para a baixa utilização do glifosato.

O controle destas plantas daninhas, dependendo das condições climáticas, tem ficado a desejar, e alguns produtores precisam fazer duas aplicações para melhor controle, principalmente do segundo fluxo de germinação.

O capim-amargoso tem se tornado um problema sério, e em algumas glebas, necessitando de gradagem.

Buva e amargoso estão tolerantes ao glifosato e presentes em praticamente todas as áreas de café, cultura predominante na região. Embora as aplicações de glifosato no verão e safrinha sempre são associadas a outros herbicidas latifolícidas (verão - clorimuron ou cloranulan; safrinha - 3 L ha⁻¹ de atrazina + óleo).

Em algumas áreas tem ocorrido perdas significativas quando o milho safrinha é instalado em glebas com infestação de capim-colchão pois a dessecação geralmente é ineficiente. Como a competição inicial afeta muito o desenvolvimento da cultura, nesta situação, a aplicação de glifosato seria benéfica.

O custo é o principal limitante da utilização de outros princípios ativos. Agora com o aumento do custo do glifosato abre a possibilidade do uso de outros ingredientes ativos. Por exemplo, a Terbutilazina, lançada recentemente, é uma opção de herbicida com maior eficiência em pré-emergência.

O controle mecânico não é usado na região.

3.4. Controle de pragas

Sem nenhuma dúvida, as principais pragas são as cigarrinhas e os pulgões, depois a lagarta-do-cartucho em híbridos convencionais. Os percevejos não têm causado muitas perdas, pois o controle na soja tem sido eficiente e a grande porcentagem das sementes de milho tratadas tem contribuído para este controle.

Os principais produtos utilizados no tratamento industrial são: Poncho + Demacor, Cruiser, Poncho, Inside. As sementes com tratamento industrial são aproximadamente 50% do total utilizado, só não é mais por falta de disponibilidade. Para tratamento na fazenda, utiliza-se, em ordem de importância, Aldicarb + Imidacproprid, Thiomexan, Bifentrina + Imidacproprid, Clorantraniliprole.

O controle biológico praticamente não era usado, mas devido principalmente à ocorrência da cigarrinha-do-milho, várias áreas utilizaram neste ano o Isária, visto que o controle químico não tem apresentado a eficiência esperada diante da sua alta infestação.

Nos primeiros plantios irrigados, foram realizadas mais de seis aplicações com intervalo de até quatro dias, para o controle desta praga, utilizando os produtos abaixo, mais desalojantes:

- Acefato (700 g ha^{-1}) + Imidacproprid (300 g ha^{-1})
- Acefato (700 g ha^{-1}) + Imidacproprid (300 g ha^{-1}) + Clorpirifós (1 L ha^{-1})
- Acefato (700 g ha^{-1}) + Imidacproprid (300 g ha^{-1}) + Metomil (1 L ha^{-1}).

Para a lagarta-do-cartucho, tem-se utilizado inseticidas fisiológicos, Indoxacarbe, Benzoato e piretróides.

A tecnologia Vip não tem apresentado ataque de lagartas, com uma eficiência muito boa para esta praga, certamente o controle para cigarrinha e pulgões tem ajudado esta tecnologia a manter-se eficiente.

O número de aplicação para lagarta-do-cartucho depende da tecnologia transgênica, data de plantio e da região (temperatura e umidade), conforme apresentado na tabela 5.

Tabela 5. Número médio de aplicações de inseticidas para controle da lagarta-do-cartucho em cultivares convencionais e transgênicas por época de semeadura

Tecnologia	janeiro	fevereiro	março
Convencional	6	5	4
Pro, Pro 2, Pro 3	4	3	3
Vip, PWU	1	1	1

3.5. Controle de doenças

As principais doenças são os enfezamentos e viroses, a mancha branca, a cercosporiose e a mancha de turcicum (helmintosporiose).

Como a primeira já foi tratada anteriormente, neste item serão discutidas as manchas foliares, principalmente a mancha branca. Ela é muito agressiva na região, devido aos fatores mencionados anteriormente, principalmente nas microrregiões com temperaturas amenas e orvalho (nebulosidade). Estes fatores contribuem para o baixo metabolismo do milho, daí o ciclo aumenta e a planta permanece suscetível num período maior, justamente quando estas condições favorecem o patógeno. Tanto a helmintosporiose como a cercosporiose são beneficiadas por estas condições, mas o controle químico tem sido eficiente. Já para pinta branca, se a o híbrido não for tolerante, tem a necessidade de se fazer no mínimo duas aplicações de fungicidas específicos, para o controle eficiente.

Normalmente, são realizadas duas aplicações de fungicidas, a primeira com Estribirulina + Triazol, a segunda no pré-florescimento com uma Estribirulina + Diamida ou Mancozeb. Em 2021, devido à seca, praticamente todos os produtores não fizeram a segunda aplicação.

Doenças de colmos são importantes, principalmente a fusariose, mas os híbridos utilizados têm se mostrado com boa tolerância, e a aplicação de fungicida, preservando a área foliar, tem contribuído para maior sanidade do colmo.

Atualmente, 90% das áreas recebem pelo menos uma aplicação de fungicida, em V8/V10, na última entrada do trator, e 50% ou mais recebem duas aplicações, dependendo da condição climática. Estima-se que apenas 10% a 20% das áreas recebem três aplicações.

Estas aplicações são com pulverizadores autopropelidos (Uniport, Parrudo, etc). A aplicação por avião, quase não se usa, principalmente devido às restrições de voo sobre o lago de Furnas.

3.6. Colheita

A colheita inicia-se no final de julho, mas o maior pico ocorre em agosto, com a umidade dos grãos variando de 20% a 30%.

Não se tem relatos de grãos ardidos, apesar de se observar em algumas lavouras e híbridos específicos, os grãos da ponta de espiga com sintomas de giberelina, mas isto não tem aparecido de maneira significativa na colheita.

4. COMERCIALIZAÇÃO

Grande parte da comercialização fica na região, que é uma grande importadora deste cereal. Sua bacia leiteira é muito grande, com vários produtores no Top 100 Nacional de produção de leite, além de inúmeras fábricas pequenas e grandes de ração (Ração Total, Nutrimax, Radar, JBS, Casmil, Pif Paf, etc.). Parte é comercializado para o Rio de Janeiro.

Mais de 60% da safra é comercializada no ato da colheita, e 40% fica armazenado para comercialização posterior.

A liquidez é garantida, não há dificuldades para comercialização. O grande limitante é a capacidade de secagem e de armazenagem, pois poucos produtores têm silos particulares, dependendo de silos de terceiros e algumas cooperativas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns fatores devem ser observados para o sucesso desta cultura, tais como:

- Correção do solo a maiores profundidades, principalmente por serem solos relativamente novos para o cultivo, necessitando de alto investimento em calagem e adubação e preparo do solo que possa levar estes corretivos a profundidades superiores a 40 cm;

- Buscar o fornecimento de fórmulas de fertilizantes que atendam às necessidades da safrinha,

- Implementação do uso de aplicadores no sulco de plantio de inseticidas, produtos biológicos e estimuladores;

- Escolha de híbridos adaptados a estas condições (seca, frio, nebulosidade) e principalmente tolerante à mancha branca, que é muito severa em anos de maiores precipitações;

- Identificar, com a pesquisa, variedades de soja mais precoces, com ciclo em torno de 100 dias, que possam ser plantadas no início de outubro, sem comprometer as produtividades;

- Ampliação da rede de ensaios de competição de cultivares de milho safrinha, que desde 2018 são instalados pela Agrostar e IAC, mas ainda com apoio restrito das empresas produtoras de sementes e instituições de ensino e pesquisa regionais;

- Difundir a importância do uso de pelo menos três híbridos na propriedade e da semeadura até o final de fevereiro;

- Investir em sistema de secagem e armazenagem, que será a curto prazo o gargalo para o crescimento e diversificação agrícola de toda a região.

REFERÊNCIAS

DADOS CLIMÁTICOS PARA CIDADES MUNDIAIS. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/>. Acesso em: out. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão Regional do Brasil em Microrregiões e Mesorregiões Geográficas de 1990. Resolução PR-51, 31/06/1989. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/divisao-regional/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 15 out. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/30-Precipita%C3%A7%C3%A3o-Acumulada-NCB_1981-2010.xls. Acesso em: out. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/02-Temperatura-M%C3%A1xima-NCB_1981-2010.xls. Acesso em: out. 2021.

XIV. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO SAFRINHA NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Vinicius Bez **Batti** ⁽¹⁾

RESUMO

Atualmente o estado de Santa Catarina cultiva apenas 23 mil hectares de milho segunda safra, área correspondente a aproximadamente 4% do total de milho semeado no ano. Fração ainda pouco representativa, perante todo potencial produtivo, principalmente em decorrência dos desafios climáticos observados. No entanto, esta condição vem sendo superada, devido ao lançamento de cultivares com ciclos menores, incremento no nível técnico de produção, restrições no cultivo da cultura da soja em subsequência à mesma e incentivos governamentais. Fatores que, associados, permitem o planejamento e implementação da segunda safra de milho no estado, de forma rentável e com segurança produtiva, sendo observada a tendência de crescimento do cultivo.

Palavras-chave: geadas, hiperprecocidade, qualidade de grãos, antecipação de semeadura.

1. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO E DA SUCESSÃO DE CULTURAS

O estado de Santa Catarina possui 183.066 estabelecimentos rurais, com forte participação na produção animal e vegetal. Cerca de 78% das propriedades rurais do estado enquadram-se como de

⁽¹⁾ Engenheiro Agrônomo, Gerente Comercial de Redistribuição, Bortoluzzi Sementes & Cereais, Av. Brasil, 407 - Centro, Xanxerê, Santa Catarina, CEP 89820-000. vinicius@sementesbortoluzzi.com.br

agricultura familiar, ocupando 364 mil pessoas e 2,45 milhões de hectares cultivados (IBGE, 2017).

Segundo Peron et al. (2009), de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, Santa Catarina apresenta um clima temperado, sem estação seca, apresentando dois subtipos, Cfa (Clima mesotérmico úmido com chuvas bem distribuídas, verões quentes e invernos brandos) em toda a região litorânea e na Planície do Rio Uruguai. O autor ainda destaca que nas principais regiões produtoras agrícolas do estado, compostas pelo planalto serrano e porção norte da região Oeste, o clima se caracteriza como Cfb (Clima mesotérmico úmido com chuvas bem distribuídas, verões brandos e invernos rigorosos).

As classes de solo presentes no estado são cambissolos, latossolos e argissolos. São observados ainda neossolos flúvicos e neossolos litólicos nas regiões mais baixas (CIRAM, 2002).

Tradicional produtor de milho na primeira safra, o cultivo em safrinha vem sendo consolidado como uma alternativa rentável. Principalmente em função da alta demanda do cereal no estado, para transformação em ração animal, além da oportunidade de diversificar o sistema de sucessão de culturas.

Dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e Universidade Federal de Santa Maria, apontam que o potencial de cultivo de milho no estado atingiu apenas 75% de sua capacidade, havendo a possibilidade de aumentar a oferta anual de milho em 2,5 milhões de toneladas, sem a necessidade de desmatamento e abertura de novas áreas de cultivo, o que representaria somada a produção atual, cerca de 70% da demanda anual do cereal.

Tabela 1. Histórico do cultivo milho segunda safra no estado de Santa Catarina

Safra	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21
Área plantada (ha)	16.959	16.074	16.767	16.239	12.814	23.340
Quantidade produzida (t)	94.525	85.783	103.190	101.600	63.776	75.043
Produtividade média (kg ha ⁻¹)	5.574	5.337	6.154	6.256	4.977	3.215

Fonte: INFOAGRO (2021) - Secretaria de Estado da Agricultura, da Pesca e do Desenvolvimento Rural de Santa Catarina.

Segundo o boletim agropecuário de outubro de 2021, publicado pelo Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola, da EPAGRI, a área cultivada com milho de primeira safra representa 325 mil hectares, enquanto a área de milho segunda safra apenas 23 mil hectares (Tabela 1). O mesmo documento destaca que aproximadamente 220 mil hectares de milho no estado são cultivados com a finalidade de produção de silagem, os quais são contabilizados à parte pela EPAGRI, totalizando assim, 565 mil hectares cultivados anualmente.

Portanto, apenas 4,0% da área de milho do estado é cultivada em segunda safra, porção ainda muito pequena perante todo potencial que a cultura possui. Entretanto, a expectativa é de forte expansão das áreas de cultivo de milho safrinha nos próximos anos.

O grande Oeste, composto pelas unidades de Gestão Técnica da EPAGRI Extremo Oeste, Oeste e meio Oeste apresentam 91% da área e 89% da produção de milho safrinha no estado (Tabela 2).

Tabela 2. Produção de milho grão de segunda safra 2020/21, por Unidades de Gestão Técnica (UGT) da EPAGRI

UGT	Área plantada (ha)	Quantidade produzida (t)	Produtividade média (kg ha ⁻¹)
Extremo Oeste Catarinense	8.913	26.602	2.985
Oeste Catarinense	8.373	28.778	3.437
Meio Oeste Catarinense	4.000	11.550	2.887
Alto Vale do Itajaí	650	2.425	3.731
Região Metropolitana	550	2.075	3.773
Litoral Sul Catarinense	854	3.613	4.231
Total	23.340	75.043	3.215

Fonte: INFOAGRO (2021) - Secretaria de Estado da Agricultura, da Pesca e do Desenvolvimento Rural de Santa Catarina.

Santa Catarina cultivou na safra 2020/21 aproximadamente 657 mil hectares de soja de primeira safra, além de 42 mil hectares de soja segunda safra. Com projeção de crescimento para cerca de 683 mil hectares para a primeira safra 2021/22.

Um novo fator surge para a discussão do sistema de produção de milho segunda safra em Santa Catarina em função da Portaria nº 306, do Diário Oficial da União, de 13 de maio de 2021. Ela define em seu artigo 11º, que “ficam proibidos a semeadura e o cultivo de soja em sucessão à soja, na mesma área e no mesmo ano agrícola”, prática ainda adotada no estado até então. A Portaria nº 388, de 31 de agosto de 2021, também impacta o sistema produtivo de soja no estado de Santa Catarina, estabelecendo a janela de semeadura de 140 dias, entre os dias 13 de setembro de 2021 a 31 de janeiro de 2022 (BRASIL, 2021).

Ambas as portarias irão modificar drasticamente o sistema de produção e sucessão de culturas catarinenses. As limitações legais do

cultivo da soja sobre soja, irão exigir que os agricultores que desejam realizar duas safras por ano, escolham outras culturas para a sucessão da soja primeira safra, sendo as principais culturas recomendadas as de milho e feijão.

A cultura do feijão apresenta elevados riscos, não sendo considerada uma commodity, com a mesma segurança de política de preços e mercado como o milho, fato que destaca ainda mais a importância do cultivo de milho na segunda safra.

Anteriormente considerada como alternativa pouco rentável de cultivo, em função dos desafios climáticos presentes no estado, o milho segunda safra vem sendo desmistificado perante os produtores, devido a diversos fatores, destacando-se o lançamento de novas cultivares de soja e milho, com ciclos menores, possibilitando o planejamento agrícola de duas safras com rentabilidade e segurança produtiva.

Também se destacam o emprego dos corretos procedimentos de manejo, que possibilitam o controle de pragas e doenças chave do cultivo de segunda safra de milho, além do aumento dos preços do cereal no mercado nacional, o qual sustentam e motivam o produtor a semear a cultura, mesmo em época com risco mais elevado quando comparado com a primeira safra.

Incentivos governamentais também buscam fomentar o cultivo de milho no estado, destacando-se o Programa Terra Boa, tradicional política pública rural, formado pelo convênio entre a Secretaria da Agricultura e a Federação das Cooperativas Agropecuárias do Estado de Santa Catarina (FECOAGRO).

O programa concede subsídio de 28% no valor das sementes para os financiamentos, respeitando o limite máximo de 4 sacas de milho ou sorgo por agricultor. Segundo o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR, 2021), na safra 2020/21 participaram do programa 10 empresas fornecedoras de sementes, totalizando 53 cultivares para escolha dos produtores, entre cultivares de milho híbrido convencional, híbrido transgênico e sorgo.

2. TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO

2.1. Semeadura e cultivares

O sistema de cultivo sob plantio direto é amplamente difundido no estado de Santa Catarina, como também demais práticas conservacionistas de solo. Incentivados por agências governamentais relacionadas ao desenvolvimento agrícola, além de serem exigências para financiamentos de custeio agrícola e pela necessidade prática imposta pelo relevo das áreas produtivas. Algumas áreas ainda adotam o cultivo mínimo, entretanto são minoria e esse tipo de prática vem reduzindo ano após ano no estado, visto que este sistema não apresenta sustentabilidade produtiva a longo prazo, além de gerar maior custos com mecanização agrícola e preparo de solo.

A semeadura do milho segunda safra em Santa Catarina pode ser subdividida em três épocas, considerando a primeira como a ideal, compreendida entre 1º e 31 de janeiro. Semeaduras neste período se posicionam nas melhores condições de temperatura e fotoperíodo, havendo uma menor exposição a riscos de geada em períodos de enchimento de grãos, durante os meses de maio e junho.

Entretanto, esta janela de semeadura compreende apenas aproximadamente 30% da semeadura de milho segunda safra no estado de Santa Catarina, em função das limitações que o sistema de sucessão de culturas com soja impõe.

Sendo possível realizar a semeadura nesta janela, aqueles que cultivam variedades de soja com ciclos mais precoces, com grupos de maturidade relativa abaixo de 5.4, logo após a abertura da janela de semeadura da cultura, na segunda quinzena de setembro, além de adotarem a prática de manejo de dessecação das lavouras, principalmente com o princípio ativo glufosinato, com a intenção de antecipar a colheita após a maturidade dos grãos.

Também é possível a semeadura de milho segunda safra, nesta janela do mês de janeiro, áreas que realizam plantio da cultura de feijão primeira safra, comumente semeadas para multiplicação de sementes para cultivo de feijão segunda safra.

Plantios anteriores a essa janela são possíveis em áreas de sucessão de milho, onde a primeira safra foi destinada para utilização como milho para silagem. Nesta situação, conforme o perfil da propriedade, demanda e preços de mercado, pode ser cultivada uma segunda safra de soja, feijão, milho para grãos ou silagem novamente, todas com alto potencial de produção.

Nesta época de semeadura é possível e recomenda-se a escolha de híbridos com alta produtividade, sem restrições severas quanto a ciclo, tipo de grão, altura de planta e demais características, que à medida que se avança a janela de semeadura começam a receber maior importância.

A segunda janela de semeadura de milho segunda safra no estado fica compreendida entre o período de 1º a 15 de fevereiro, sendo esta onde aproximadamente 50% das áreas são implantadas, principalmente em sucessão à cultura da soja primeira safra.

Neste período de semeadura são possíveis bons níveis de produtividade, entretanto, restrições quanto ao ciclo dos híbridos de milho começam a ser adotadas, principalmente evitando-se a semeadura de híbridos de ciclo precoce, preferindo-se a semeadura de super precoces.

Além da característica de ciclo, ganham importância a altura de planta e resistência ao acamamento, qualidade de grãos a fim de minimizar perdas por germinação na espiga ou grãos ardidos, além de tolerância a manchas foliares, principalmente mancha branca (*Phaeosphaeria maydis*).

Compreende a última janela de semeadura de milho segunda safra, o período compreendido entre os dias 16 a 28 de fevereiro, havendo em situações muito específicas, semeaduras após esse período.

Nesta janela, elevam-se consideravelmente os riscos, principalmente com fortes ventos, chuvas severas e geadas no período de enchimento de grãos, que ocorre entre os meses de junho e julho, período do ano onde a observação destas condições climáticas são comuns.

Entretanto, existem áreas semeadas neste período, principalmente para fins de colheita como milho silagem, possibilitando a colheita do milho anteriormente às severas geadas, porém, mesmo nessa condição, os riscos são considerados elevados.

Para a escolha de um híbrido de milho para semeadura de segunda safra no estado, destacam-se, além do potencial produtivo, características como a precocidade do ciclo, a tolerância ao tombamento, através de porte baixo e baixa altura de inserção de espiga, acrescidos da resistência a podridões de grãos e ao complexo de enfezamento

É importante salientar que uma parte dos produtores do estado preterem o alto potencial produtivo em função de uma soma de demais características que confirmam segurança ao cultivo. Principalmente em microrregiões com altitude superior a 650 metros de altitude, onde as condições climáticas são mais propícias a fortes ventos e invernos mais rigorosos.

A adoção de mais de um híbrido de milho por propriedade é uma estratégia comum adotada, principalmente em propriedades maiores, visando a minimização dos riscos que envolvem o cultivo nesta época. Possibilita também o escalonamento das operações de colheita e semeadura, através da adoção de variedades de ciclos diferentes.

De forma geral, quase a totalidade das áreas comerciais de milho segunda safra são semeadas com híbridos transgênicos, utilizando-se principalmente às biotecnologias VT PRO3®, VT PRO2®, Roundup Ready™, Leptra®, Herculex®, LibertyLink®, Agrisure Viptera® e PowerCore® Ultra.

Nas semeaduras são adotados espaçamentos diferentes conforme a finalidade do cultivo. Áreas com destinação para colheita

de grãos e produtores de silagem com maior nível tecnológico, colhidas com ensiladeira autopropelida, são semeadas com espaçamentos mais reduzidos, variando entre 45 e 50 cm entrelinhas.

São adotados espaçamentos entrelinhas maiores, em torno de 80 a 90 cm, em propriedades com menor nível tecnológico, que semeiam milho com finalidade para silagem, possibilitando a colheita com ensiladeira acoplada ao trator.

A densidade média de semeadura oscila entre 55.000 e 65.000 plantas iniciais por hectare, conforme características e recomendações para híbrido. Existe recomendação de redução de população quanto mais tardia for a implantação da lavoura, principalmente a fim de se minimizar o quebramento e acamamento das plantas.

Uma pequena parte de produtores possuem semeadoras pneumáticas, principalmente nas regiões do Oeste e Meio Oeste, sendo a maioria dos equipamentos utilizados no estado semeadoras de disco convencionais. A adoção de acessórios nos equipamentos vem crescendo fortemente, destacando-se a adoção de sensores e monitores de semeadura, sistemas de orientação de posicionamento por GPS, inoculadores de sulco, entre outros.

2.2. Adubação

Os custos com fertilizantes são significativos na produção de milho, havendo uma redução do nível de investimento em cultivos de segunda safra, que apresentam menor rentabilidade e maior risco em função das condições climáticas, quando comparado ao cultivo da primeira safra.

Produtores mais tecnificados ou com mais experiência em cultivo de milho safrinha comumente utilizam fosfato monoamônico (MAP), com garantias mínimas de 10% a 12% de nitrogênio e de 50% a 54% de fósforo, nas quantidades de 280 a 300 kg por hectare. Associa-se a aplicação de cloreto e potássio (KCl) em cobertura, em aplicação única,

com garantias de mínimas 60% de K_2O , na dosagem de 150 kg por hectare, em média.

Em ambientes de produção com menor nível de investimento, que ainda são considerados maioria no estado, utilizam fertilizantes formulados NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), sendo frequentemente utilizadas as fórmulas 15-30-10, 09-33-12, 08-20-20, nas dosagens de 400 a 450 kg por hectare.

A aplicação de nitrogênio em cobertura se realiza durante os estádios V3 e V6, em doses de 80 até 150 kg ha⁻¹ de N, sendo recomendado o parcelamento da aplicação, quando utilizadas maiores quantidades de N, a fim de se evitar perdas por lixiviação. Porém, menos de 30% dos produtores realizam o parcelamento da aplicação em segunda safra.

Utiliza-se mais frequentemente ureia (45% de N), em alguns casos revestida com polímeros ou inibidores de urease, que tem suas perdas reduzidas, além de sulfato de amônio (20 % N e 22% a 24 % de S) e nitrato de amônio (32% de N).

A adoção de inoculantes com bactérias *Azospirillum* em milho segunda safra ainda é considerada baixa, porém vem ganhando maior frequência de utilização, à medida que se consolida o plantio nesta época. A utilização de microrganismos solubilizadores de fósforo e fungos com ação fungicida e nematicida também vem crescendo. São aplicados frequentemente nas sementes, principalmente em regiões de menor nível de tecnificação. A adoção de pulverizadores de sulco, acoplados nas semeadoras também vem se expandindo no estado.

2.3. Controle de plantas daninhas

Tratando-se de um cultivo de segunda safra, os problemas com plantas daninhas são considerados menos significativos quando comparados à primeira safra, visto que manejos para o cultivo da primeira safra já foram realizados.

Entretanto, são observadas uma série de espécies de plantas daninhas, principalmente buva (*Conyza bonariensis*), capim-amargoso (*Digitaria insularis*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e caruru (*Amaranthus hybridus*). Além de corda-de-viola (*Ipomoea acuminata*) que causa problemas ao se desenvolver durante o ciclo do milho, dificultando a colheita.

Em situações que o manejo, tanto da cultura presente na primeira safra não seja efetivo, são observadas plantas remanescentes que podem causar um impacto negativo no estabelecimento inicial das lavouras de milho segunda safra.

Destacam-se a buva, capim-amargoso e azevém neste cenário, plantas daninhas as quais apresentam difícil controle, resistência a múltiplos ativos, demandando aplicações sequenciais, com adoção de diferentes princípios, resultando em custos elevados de controle e dificuldades operacionais de manejo.

A adoção do glifosato nas aplicações em cultivares transgênicas resistentes é muito comum, fator que corrobora para a alta incidência observada de plantas daninhas com resistência ao princípio ativo.

Observa-se frequentemente em áreas de soja primeira safra, principal antecessora de milho segunda safra, altas populações destas plantas daninhas ainda em final de ciclo da cultura. O manejo de final de ciclo de dessecação pré-colheita com glufosinato tem sido pouco eficiente no controle das mesmas e caso apresentem porte elevado, recomenda-se a aplicação de saflufenacil.

Apesar destas implicações de manejo, a necessidade de dessecação pré-semeadura da cultura do milho segunda safra não é considerável, sendo na grande maioria das áreas realizada apenas aplicação em pós-emergência, utilizando-se os princípios ativos glifosato, atrazina, simazina, mesotriona.

Em casos pontuais, onde se faz necessária a aplicação em pré-emergência, respeitando as carências de cada produto quando exigido, são utilizados principalmente os princípios ativos glifosato, glufosinato, 2,4-D, cletodim, saflufenacil, triclopir, fluroxipir-meptílico e carfentrazona-etílica, respeitando a carência exigida de cada ativo.

Propriedades de pequeno porte, em situações pontuais, produtores fazem a adoção de manejo mecânico. Ressalta-se que a mão de obra disponível para tal operação é de difícil contratação.

2.4. Controle de pragas

O manejo de pragas é um ponto chave no cultivo de milho segunda safra catarinense. Destacando-se em ordem de importância a cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), percevejo barriga-verde (*Dichelops* spp.), percevejo-castanho (*Scaptocoris castanea*), lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*), pulgão do milho (*Rhopalosiphum maidis*), lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*), lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*), tripes (*Frankliniella williamsi*) e larva-alfinete (*Diabrotica speciosa*).

O emprego de biotecnologias que promovam a supressão de pragas, principalmente o complexo de lagartas e larva-alfinete, são altamente difundidas. Sendo considerado inclusive um fator determinante na escolha de híbridos, em produtores com menor capacidade operacional, neste sentido a biotecnologia assume, portanto, um papel fundamental no manejo de pragas.

A *Dalbulus maidis* tem destaque nesse complexo, principalmente após os grandes prejuízos que causou na primeira safra 2020/21, onde segundo a EPAGRI o estado teve uma redução de 20% na produção esperada em função da estiagem e dos ataques desta praga.

Em algumas áreas, produtores tiveram perdas significativas na produção esperada, situação que gerou um verdadeiro temor na cadeia produtiva de milho no estado. Muitos agricultores chegaram

a desacreditar na cultura, até não haver um melhor entendimento do manejo desta praga, situação que infelizmente restringiu a expansão do milho segunda safra em 2021.

Graças a uma soma de fatores, esse cenário vem se revertendo rapidamente. Primeiramente, o inverno rigoroso, auxiliou no controle natural do inseto praga, em paralelo, o intenso trabalho das entidades governamentais e privadas, atuando na orientação técnica, auxiliou na retomada da confiança do cultivo da cultura do milho. Neste ano, as lavouras apresentam bom desenvolvimento, com níveis controlados do vetor do complexo de enfezamentos.

Em tratamento de sementes, são amplamente utilizados os princípios ativos clotianidina, clorantraniliprole e imidacloprido. Promovendo o controle inicial principalmente de *Dalbulus maidis*, *Dichelops furcatus*, *Dichelops melacanthus*, *Spodoptera frugiperda*, *Agrotis ipsilon* e *Elasmopalpus lignosellus*.

Os principais princípios ativos utilizados para o manejo em aplicações foliares são imidacloprido associado a bifentrina ou beta-ciflutrina, acetamiprido associado a bifentrina, bifentrina associado a carbosulfano, metomil e acefato. Sendo considerado o manejo mais usual e de melhor eficiência a utilização de defensivos a base de imidacloprido, associado a outra molécula ou não, conforme produto comercial, em conjunto de acefato ou metomil.

Diversos são os protocolos desenvolvidos para controle da *Dalbulus maidis*, todos tendo como base as orientações técnicas de início de aplicações de controle a partir da presença do inseto, em intervalos de 7 a 12 dias de aplicação, conforme disponibilidade operacional e condições climáticas.

O manejo da cigarrinha do milho inicia-se logo após a emergência da cultura, fase de desenvolvimento em que o manejo do percevejo barriga-verde (*Dichelops spp.*) e percevejo-castanho (*Scaptocoris castanea*), sendo ambos controlados pelo mesmo espectro de princípios químicos.

As aplicações se estendem até o início do florescimento da cultura, estágio em que a cultura do milho atinge um porte que restringe a aplicação com pulverizadores acoplados ou de arrasto, os quais são os mais utilizados no estado.

Produtores mais tecnificados e que possuem maiores extensões de área, em sua maioria possuem pulverizadores autopropelidos, os quais possibilitam a aplicação de defensivos mesmo em lavouras com estágios de desenvolvimento mais avançados e portes de planta mais elevados.

A utilização de pulverização com aviação agrícola não é algo usual na região em função do relevo, geralmente mais acidentado, entretanto a utilização de drones para pulverização vem crescendo rapidamente, sendo adotada até por produtores com menor nível tecnológico. É uma alternativa para pulverização, caso houver necessidade, após a cultura do milho atingir porte superior a capacidade das barras de pulverização dos pulverizadores de arrasto ou acoplados.

2.5. Controle de doenças

Nas condições climáticas do oeste catarinense, em segunda safra de milho, as principais doenças observadas são a mancha branca (*Phaeosphaeria maydis*) e a mancha de turcicum ou helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), ambas favorecidas por alta umidade e temperaturas amenas (BORÉM et al., 2015).

O complexo de enfezamentos, causaram enormes danos na primeira safra 2020/21 no estado, entretanto, na segunda safra subsequente, não foram observados danos significativos causados por espiroplasmas e fitoplasmas (classe mollicutes).

Provavelmente, a principal razão para a baixa ocorrência de danos observados é a boa tolerância genética dos principais híbridos cultivados em segunda safra no estado. Está havendo também uma grande dedicação por parte dos produtores e assistência técnica no uso

de boas práticas de manejo a fim de controlar o inseto vetor *Daubulus maidis*.

O principal dano causado pelo inseto é a transmissão do complexo de enfezamentos, que compreende o enfezamento pálido, causado pelo procarionte *Spiroplasma kunkelli* e enfezamento vermelho, causado pelo procarionte do gênero *Phytoplasma* (DE OLIVEIRA e SABATO., 2017).

No estado de Santa Catarina, os principais danos causados pelo complexo de enfezamentos, são aqueles decorrentes do enfraquecimento de colmos e infecções secundárias ocasionadas por fungos do gênero *Stenocarpella spp.*, *Stenocarpella maydis* (*Diplodia maydis*) e *Stenocarpella macrospora* (*Diplodia macrospora*), os mesmos agentes causais da podridão branca das espigas (DA COSTA et al., 2013).

Também são observadas podridões de colmo causadas por espécies do gênero *Fusarium spp.*, entre elas *F. moniliforme* e *F. graminearum*, que também causam podridões de espigas. Além de podridões causadas por *Macrophomina phaseolina* e *Pythium aphanidermatum* (DA COSTA et al., 2008).

Estabelece-se assim um complexo de podridões de colmo e espiga, que associados aos danos do complexo de enfezamentos, causam perdas de até 70% na produtividade esperada, principalmente em decorrência do tombamento e morte prematura de plantas.

Ressalta-se que mesmo com todos os esforços, o inseto vetor foi observado em quase a totalidade das áreas de milho do estado, sendo o mesmo também vetor da virose raiado fino (Maize Rayado Fino Virus).

Em anos com temperaturas mais elevadas, observa-se também a manifestação dos fungos *Puccinia polysora* (ferrugem polissora) e *Puccinia sorghi* (ferrugem comum). Porém com frequência e danos inferiores às demais doenças, sendo consideradas doenças secundárias no cenário de produção de milho segunda safra no estado.

Podridões de espiga e grãos ardidos são frequentemente observados, em decorrência da alta precipitação na época de maturação dos grãos, causados por *Stenocarpella spp.*, *Fusarium verticillioides* e *Giberela zae*. A infecção dos grãos por estes fungos pode resultar na produção de micotoxinas, um risco ao desenvolvimento da cadeia comercial da cultura e principalmente, à saúde humana e animal (BORÉM et al., 2015).

Em relação às doenças, a escolha de cultivares leva em consideração a tolerância ao complexo de enfezamentos, podridões de colmo e a mancha branca, nesta ordem de importância. Ressalta-se que as observações sobre o complexo enfezamento começaram a ser mais frequentes após os elevados danos observados na última safra 2020/21, até então, eram aspectos considerados secundários.

No tratamento de sementes são amplamente utilizados os princípios metalaxil-m, fludioxonil, carbendazim e tiram, em tratamento industrial. Ainda há resistência cultural à aplicação foliar de fungicidas na segunda safra de milho catarinense. Por mais que seja devidamente comprovada a eficiência da sua adoção no manejo da cultura, existem as implicações práticas da sua adoção, principalmente no que se refere a limitações operacionais de pulverizadores, conforme já descrito anteriormente sobre manejo de pragas.

Entre aqueles produtores que adotam o manejo, os princípios ativos frequentemente utilizados são estrobilurinas, triazóis, clorotalonil e mancozebe. A associação de fungicidas mesostêmicos e sistêmicos com protetores vem apresentando bom resultado no controle de *Phaeosphaeria maydis*.

Comumente é realizada apenas uma aplicação no momento anterior ao florescimento da cultura, em estádios V9 ou V10, momento limite em que a entrada com pulverizadores de arrasto e acoplados não causará danos a cultura, em função do seu porte.

2.6. Colheita

A colheita de grãos da segunda safra de milho no estado de Santa Catarina ocorre entre os meses de junho, julho e agosto. Os teores de umidade dos grãos oscilam entre 18% e 28%, apresentando grande variação na qualidade observada, sendo esta inferior à obtida na primeira safra.

Devido às condições de baixas temperaturas, elevada umidade e forte regime de precipitação observadas durante o inverno, as etapas de enchimento e principalmente a maturação dos grãos ocorre de forma muito lenta, principalmente o processo de perda de umidade dos grãos.

As lavouras permanecem muito tempo expostas às intempéries climáticas, ataque de pragas e plantas daninhas, além de chuvas com ventos fortes. Portanto, torna-se fundamental a adoção de cultivares com grãos mais duros, mais tolerantes às podridões e aos insetos, além de ciclos mais precoces para atingir a maturidade fisiológica antes da ocorrência de geadas.

Os grãos ardidos são observados frequentemente na colheita e muitas lavouras necessitam ser colhidas com umidade elevada a fim de se minimizar perdas por tombamento e o crescimento das plantas daninhas. A perda de qualidade dos grãos também ocorre no processo de secagem e armazenamento, em função da alta umidade de colheita.

3. COMERCIALIZAÇÃO

Santa Catarina possui elevada demanda de milho por ser grande produtor de proteína animal. O estado é responsável, segundo dados do governo estadual, por 50% da exportação de carne suína e 30% da carne de frango nacional. Demandando desta forma aproximadamente 7 milhões de toneladas por ano do cereal, enquanto a produção média anual é de 2,8 milhões de toneladas.

Dispõe de uma cadeia de comercialização e transformação completa, com grande presença de cooperativas, cerealistas, agroindústrias, fabricas de ração, além da proximidade a regiões portuárias no litoral do estado. Havendo desta forma incentivos e necessidade da expansão do cultivo de milho em segunda safra.

Vale ressaltar, que a capacidade de armazenamento dos grãos deverá acompanhar esse aumento de produção, visto que atualmente a capacidade estática de armazenagem no estado é de 6,68 milhões de toneladas (EPAGRI, 2021). Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), cada região precisaria ter uma capacidade de suportar completamente suas produções, além de um acréscimo de 20% em caso de eventuais superproduções, deste modo, o estado precisaria ser capaz de armazenar de 8 milhões de toneladas, um déficit de 1,32 milhão de toneladas em relação à capacidade atual (ELIAS e RUBIN, 2020).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o cultivo de milho em segunda safra no estado de Santa Catarina vem se consolidando como uma realidade, visto que se tem superado os desafios climáticos da região, minimizando os riscos produtivos e proporcionando rentabilidade aos produtores.

Os fatores determinantes para a expansão dos cultivos são o lançamento de cultivares de soja e milho mais precoces, com maior segurança e potenciais produtivos, e o incremento do nível tecnológico da produção.

As restrições legais no zoneamento agrícola, que proíbem o cultivo subsequente de duas safras de soja, como medidas preventivas ao avanço da Ferrugem Asiática da Soja (*Phakopsora pachyrhizi*), obrigarão o produtor catarinense que desejar realizar dois cultivos na mesma safra a considerar outras culturas, sendo a mais atrativa o milho safrinha.

REFERÊNCIAS

BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. P. (Orgs.). **Milho: do Plantio à Colheita**. 1. ed. Viçosa, Editora UFV, 2015.

BRASIL. Portaria nº 288, de 31 de agosto de 2021. Altera a Portaria nº 306, de 13 de maio de 2021, que institui o Programa Nacional de Controle da Ferrugem Asiática da Soja - *Phakopsora pachyrhizi* (PNCFS). **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, p. 23, 01 set. 2021.

CIRAM - Centro de Informações de Recursos Ambientais de Santa Catarina. **Mapa de solos de Santa Catarina**. Florianópolis, 2002.

DA COSTA, R. V. et al. **Podridões fúngicas de colmo na cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2008.

DA COSTA, R. V.; COTA, L. V.; DA SILVA, D. D. **Doenças causadas por fungos do gênero *Stenocarpella* spp. (*Diplodia* spp.) em milho**. Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2013.

DE OLIVEIRA, C. M.; SABATO, E. O. **Doenças em milho: insetos-vetores, mollicutes e vírus**. Embrapa Milho e Sorgo-Livro científico (ALICE), 2017.

ELIAS, H. T.; RUBIN, C. A. Diagnóstico e análise da armazenagem de grãos em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 33, n. 1, p. 7-10, 2020.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Secretaria de Estado da Agricultura, da Pesca e do Desenvolvimento Rural do Estado de Santa Catarina. Estudo da Epagri com a UFSM sobre produtividade do milho insere SC em projeto mundial de segurança alimentar. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/12/02/estudo-da-epagri-com-a-ufsm-sobre->

produtividade-do-milho-insere-sc-em-projeto-mundial-de-seguranca-alimentar/. Acesso em: 06 nov. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário, Florestal e Aquícola 2017**. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html?localidade=42. Acesso em: 06 nov. 2021.

INFOAGRO - Sistema Integrado de Informações Agropecuárias. Secretaria de Estado da Agricultura, da Pesca e do Desenvolvimento Rural do Estado de Santa Catarina. Sistema Integrado de Informações Agropecuárias da Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca de Santa Catarina. Disponível em: <https://www.infoagro.sc.gov.br/index.php/safra/producao-vegetal>. Acesso em: 06 nov. 2021.

PERON, A.; MAAR, A.; NETTO, F. D. P. **Santa Catarina: História, Espaço Geográfico e Meio Ambiente**. Florianópolis: Insular, 2009

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA, DA PESCA E DO DESENVOLVIMENTO RURAL DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Produção de milho pode crescer 2,5 milhões de toneladas em SC sem ampliar área plantada**. Disponível em: <https://www.sc.gov.br/noticias/temas/agricultura-e-pesca/producao-de-milho-pode-crescer-2-5-milhoes-de-toneladas-em-sc-sem-ampliar-area-plantada>. Acesso em: 06 nov. 2021.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA, DA PESCA E DO DESENVOLVIMENTO RURAL DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Santa Catarina investirá R\$ 568,4 mil no combate à cigarrinha-do-milho**. Disponível em: <https://www.sc.gov.br/noticias/temas/agricultura-e-pesca/santa-catarina-vestira-r-568-4-mil-no-combate-a-cigarrinha-do-milho>. Acesso em: 06 nov. 2021.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural de Santa Catarina. **Programa Troca-Troca safra 2020/2021 terá redução de 12,5% nos valores das sementes**. Disponível em: <http://www2.senar.com.br/Noticias/Detalhe/13245>. Acesso em: 06 nov. 2021.

XV. HOMENAGENS AOS AGRICULTORES E TÉCNICOS ATUANTES NA CULTURA DO MILHO SAFRINHA

Renata **Baldo** ⁽¹⁾

O Médio Paranapanema destacou-se no cenário nacional como a primeira região que investiu e obteve altas produtividades em milho safrinha, demonstrando que esta nova modalidade de cultivo “tinha vindo para ficar”. O desenvolvimento das tecnologias começou e continua sendo feito por uma equipe multidisciplinar, com profissionais da pesquisa e da assistência técnica, em parceria com o setor produtivo, sob coordenação do Instituto Agrônômico (IAC).

Essas tecnologias foram preponderantes para assegurar o máximo aproveitamento dos recursos ambientais, através da utilização de cultivares adaptadas e técnicas de produção apropriadas para esta modalidade de cultivo. Além de contribuir para a consolidação desta modalidade de cultivo na região paulista do Médio Paranapanema, serviram como indutoras para a modernização e expansão da cultura em outros estados.

É importante mencionar a participação da assistência técnica e dos agricultores do Médio Paranapanema nos processos de indução da pesquisa e adoção dos seus resultados nas lavouras. Destaca-se a participação da Cooperativa Agropecuária de Pedrinhas Paulista, da Coopermota Cooperativa Agroindustrial, do Centro de Desenvolvimento do Vale do Paranapanema (CDVale) e da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), além das empresas de insumos agrícolas.

Os agricultores, diretamente ou indiretamente, por intermédio das cooperativas, proporcionaram condições para a instalação de uma rede de experimentação por trinta anos consecutivos e ininterruptos.

(1) Jornalista, RB Comunicação, Assis-SP. renatabaldo@hotmail.com

Suas lideranças apoiaram e prestigiaram todas as cinco edições do Seminário Nacional de Milho Safrinha realizadas em Assis. E o mais importante, os agricultores acreditaram nos resultados das pesquisas e colocaram em prática as novas tecnologias.

Ao longo do tempo, agricultores e técnicos de diferentes regiões contribuíram no processo de geração, difusão e adoção de tecnologias apropriadas para esta modalidade de cultivo, a exemplo do que ocorreu inicialmente no Médio Paranapanema.

Em reconhecimento a sua importância, apresentamos a seguir breve relato da trajetória de três famílias de agricultores e do Engenheiro Agrônomo Gessi Ceccon, que foram homenageados durante o XVI Seminário Nacional de Milho Safrinha. Eles representam todos aqueles que na lida diária tiveram uma nova visão sobre os cultivos de soja e milho e implantaram sistemas de produção mais sustentáveis para ambas as culturas e que hoje dominam a paisagem agrícola do Brasil. Os homenageados foram indicados por uma comissão constituída por lideranças regionais e membros da Associação Brasileira de Milho e Sorgo.

1. JOSÉ ROBERTO BORGES

José Roberto Borges é agricultor desde que se conhece por gente. Seu pai, Sebastião Alves Borges, era pecuarista e começou a migrar para agricultura com a ajuda dos filhos na década de 1970. No começo tudo era rústico, o trabalho realizado de forma manual ou, no máximo, com a ajuda de animais.

Naquela época já se plantava milho, mas para subsistência. Milho safrinha era algo inimaginável. A mandioca foi uma das primeiras culturas comerciais. Entre 1975 e 1980 a família conseguiu adquirir algumas máquinas e começou a plantar soja, que era novidade para época.

Depois de alguns anos trabalhando com pecuária e plantios esparsos nas regiões de Palmital e Cândido Mota, a família Borges

firmou os pés em Campos Novos Paulista, encarando o desafio de fazer agricultura onde o solo é mais arenoso e praticamente só existia pecuária. Atualmente, Borges planta em 1.050 hectares, dos quais grande parte em Campos Novos Paulista.

Na primeira propriedade que adquiriu naquele município o problema mais evidente era o da erosão. Na tentativa de conter a erosão chegou a se fazer terraços em curvas de nível com dois metros de altura (um exagero!). O manejo do solo incluía a adubação orgânica e correção química da área a ser cultivada, vez que se tratava de terras com maior índice de acidez. Naquele tempo as análises de solo eram mais burocráticas e os resultados, via de regra, só eram conhecidos em 15 dias.

Ao ceder parte de sua propriedade para fins de pesquisa, Borges se beneficiou dos resultados obtidos em primeira mão. A substituição do cultivo convencional com revolvimento do solo pelo plantio direto foi um dos grandes avanços tecnológicos experimentados pelo agricultor. As alterações no sistema, com adaptação de maquinários no final da década de 80, viabilizaram o cultivo de trigo e aveia.

Borges recorda que em meados de 1996 começou a plantar milho safrinha. O cereal surgiu como uma opção de cultura de inverno em substituição ao trigo que, naquela época, deixou de ser subsidiado pelo governo.

Para Borges, a evolução tecnológica sobre a cultura do milho safrinha foi muito grande e relativamente rápida. “Quando começamos as cultivares eram limitadíssimas. Escolhíamos milhos de paiol, debulhávamos a ponta e o pé da espiga e usávamos o meio para tirar a semente para plantar”, recorda.

Ainda inicialmente havia uma ou duas opções de cultivares apenas e a colheita não era superior a 2.500 kg ha⁻¹. Nos últimos anos ele tem alcançado com a safrinha de milho produtividade em torno de 6.000 kg ha⁻¹ e as cultivares para esta modalidade são tantas que, segundo ele próprio, fica até difícil escolher.

O produtor observa ainda que o milho safrinha se adaptou muito bem às condições climáticas no interior paulista, sobressaindo ao Norte do Paraná com clima mais frio e Sul mato-grossense com clima mais seco. “Saímos de variedades coletadas no paiol e hoje contamos com híbridos muito produtivos para todas as fases de plantio”, observa.

Na região em que Borges atua, quase 100% da área destinada ao plantio de soja no verão dá lugar ao milho no inverno. Ele observa que a necessidade de aumentar a produtividade do milho safrinha, até como forma de compensação diante do preço historicamente pouco expressivo, levou as empresas e entidades afins a investirem em pesquisa e tecnologia.

Borges considera o Seminário Nacional de Milho Safrinha um evento técnico-científico importantíssimo para toda cadeia produtiva do milho: “A aproximação com a pesquisa é o que traz toda tecnologia para o nosso dia a dia no campo”, ressalta.

2. DIRCEU PARMEGIANI

Tradicional produtor na Água da Anhumas, município de Cruzália (SP). Em 80 alqueires, no Sítio São Carlos, ele começou, em 1992, a semear milho safrinha. Naquela época não havia tantas variedades, adubação ou tecnologia como hoje, mas foi a opção encontrada naquele momento em que, cessado o subsídio governamental, se tornava inviável continuar semeando o trigo como cultura de inverno.

Parmegiani lembra que chegou a ganhar mais com a safra de trigo no inverno do que com a soja no verão, mas diante da inviabilidade econômica começou a plantar milho com cultivar de menor custo, as vezes sem adubo, com pouca ou quase nenhuma tecnologia. Mesmo assim, quando não geava, colhia bem ou, ao menos, o suficiente para manter a terra coberta, pagar os custos e, na medida do possível, continuar investindo.

Por uitas safrinhas o preço do milho não foi compensador. Parmegiani recorda de, por vezes, ter segurado a venda de sua safra de milho na expectativa de que o preço melhorasse, mas terminava frustrado. “A saca valendo R\$ 40,00 já era compensadora. Hoje se produzirmos 150 sacas/hectare ao preço de R\$ 100,00/saca pagamos as despesas e ainda sobra um bom tanto”, observa.

Para o produtor alguns fatores foram determinantes para o sucesso da safrinha de milho. O surgimento de novas cultivares mais produtivas, aumento da adubação, correção da acidez do solo e aprimoramento dos tratos culturais, incluindo o uso de fungicidas. “Esse processo resultou em um aumento gradativo da produtividade na safrinha”, analisa.

De acordo com o produtor, a soja é um pouco menos exigente que o trigo e o milho quando se trata de correção do solo. “O milho gosta da terra bem corrigida, se tiver acidez não vai para frente”, explica o produtor que plantou milho de verão por 8 anos, até como forma de minimizar problemas com nematoide, mas foi vencido pelo porco do mato que derriçava sua lavoura.

Já, em relação a safrinha, Parmegiani nunca plantou milho de paiol. Começou com a variedade 125 da Cargill e, aos poucos, foi investindo em adubação, boas sementes e nos tratos culturais. “Tem produtor que planta milho de paiol e até se sai bem, mas, sempre que possível é melhor investir em semente de alta produtividade, fazer uma boa adubação, e aplicar fungicidas pelo menos duas vezes”, aconselha.

Parmegiani não fica sem assistência técnica em sua propriedade. Atualmente, conta com as recomendações do filho Igor, que é engenheiro agrônomo. “Mas antes dele já contávamos com assistência técnica. Sempre procuramos fazer a nossa parte. O clima ajudando conseguimos colher 8 t ha⁻¹, em média”, diz.

O produtor de Cruzália procura sempre manter-se atualizado e considera fundamental o trabalho da pesquisa no campo. “Aparece doença todo dia e dependemos de orientação sobre novos produtos ou

formas de controle. Cigarrinha, por exemplo, onde atacava destruía o milho, mas logo surgiram as cultivares mais tolerantes, além de produtos para ajudar no controle desta praga. Tudo isso é graças a pesquisa, daí a importância do produtor ter acesso a ela”.

Parmegiani também optou pelo consórcio milho + braquiária. Ele dividiu a área em quatro e todo ano deixa 45 hectares sem plantar o milho no inverno para fazer rotação. Aplicou calcário e gesso em 50% da área este ano e pretende fazer o mesmo na outra metade no ano que vem. Além de aumentar a fertilidade do solo ele busca minimizar a sua compactação.

Segundo o produtor, os resultados com a rotação aparecem em três ou quatro anos. O perfil do solo melhora, sendo possível colher um pouco mais nestas áreas. “A gramínea cresce e a sua raiz aprofunda possibilitando a presença de nutrientes em uma profundidade de 1,20 metro”. Ele observou um aumento na produtividade tanto na soja quanto no milho safrinha nas áreas de rotação.

3. BRUNO ALÍSIO SCHLEGEL E HERBERT SCHLEGEL

São referência em boas práticas agrícolas. A incessante busca por conhecimento fez deles precursores na abertura de campos experimentais de uma infinidade de cultivares e insumos na região de Maracá-SP.

Filhos de tradicionais produtores rurais com descendência alemã, os irmãos Schlegel também foram pioneiros na utilização do plantio direto. Como não existia herbicida para o plantio direto a propriedade deles era identificada pela presença significativa de mato.

Atualmente, os irmãos Schlegel possuem áreas na Fazenda São Jorge com 30 anos de plantio direto. “Nosso pai começou com o plantio direto muito cedo, antes mesmo de Herbert Bartz, em Rolândia (PR), e Nonô Pereira, em Ponta Grossa (PR)”.

Segundo os irmãos Schlegel, o milho sempre foi uma das culturas mais fáceis de cultivar ainda no tempo de seu avô materno e fazia parte das atividades de subsistência, juntamente com a criação de porcos.

O patriarca Schlegel, avô dos irmãos Bruno e Herbert, chegou à região em 1924 e se estabeleceu nas terras plantando alfafa e criando porcos. Em meados do século XX, realizava o plantio convencional e, com padrão para a época, queimava as palhadas. Era semeado milho e algodão no verão e trigo no inverno.

Milho de inverno não existia. A soja passou a ser introduzida na década de 70. Naquela época o capim marmelada e carrapicho era abundantes no meio da soja e queimá-los era prática corriqueira para poder gradear o solo. Certa vez o fogo não atingiu toda a área. Nesta, depois de semeado o trigo, não choveu mais, mas ainda assim foi a única área em que se produziu.

Em 1984 os Schlegel já adotaram o plantio direto conforme viam ser feito em dias de campo no Paraná. A primeira máquina para o plantio direto chegou à fazenda em 1985 e só se usava o disco de corte na linha do pneu. A semeadura em plantio direto começou sendo feita somente no disco com plantadeira convencional, que foi sendo adaptada aos poucos. Colaboraram no desenvolvimento de uma máquina específica de plantio direto de uma grande fabricante brasileira, quando iniciaram o plantio direto fazendo uso de uma semeadora com disco duplo.

O plantio convencional ficou no passado, sobretudo na década de 90, com o surgimento do herbicida glifosato que passou a ser mais utilizado na medida em que seu custo foi diminuindo.

Em 1989 foi o último ano em que os irmãos Schlegel plantaram trigo em larga escala. Eles produziam em média $3,4 \text{ t ha}^{-1}$, mas uma chuva os levou a perder toda a produção e o seguro não os ressarcia. O único ano em que realmente precisariam do seguro o mesmo lhes foi negado, razão pela qual nunca mais o contrataram.

Em 1990 começaram a cultivar milho safrinha e aveia. Iniciar o plantio do milho no inverno não foi difícil graças ao baixo custo das sementes. Diferentemente do trigo em que era necessário 180 kg ha⁻¹ de sementes, o milho bastava um saco de 20 kg. No começo ninguém salvava milho de paiol, pois a semente era barata.

O primeiro ensaio de milho na propriedade dos Schlegel ocorreu em 1984. A maioria dos ensaios era de cultura de verão, mas já naquela época chegaram a plantar em escala comercial cultivares de 18 empresas. “Chegamos a plantar 78 híbridos no verão”, contam os irmãos.

Por algum tempo as terras ocupadas no inverno se dividiram entre trigo, aveia e milho. Além de um custo mais alto, inclusive por conta da adubação, e de ter perdido o subsídio governamental, o trigo ainda era atacado pela brusone, que danificava as espigas.

De 2010 para 2021 o milho safrinha ganhou mais espaço e importância econômica. Deixamos de fazer rotação para a sucessão soja e milho safrinha.

Os irmãos Schlegel lembram ainda que historicamente o milho não tinha bom preço. Nestes anos de preços pouco convidativos eles chegaram a ficar dois ou três anos sem plantar milho verão.

Os irmãos Schlegel contam com assessoria meteorológica especializada para orientá-los em seus planejamentos de safra, a qual tem sido bastante assertiva. Eles também são grandes apoiadores da pesquisa. Desde 1984 eles abrem as portas de suas propriedades aos ensaios de avaliação de cultivares do IAC e de empresas privadas e, com isso, conhecem em primeira mão os resultados obtidos com novos materiais.

Há 15 anos eles trabalham com cultivares tolerantes, ou seja, optaram por monitorar doenças em vez de apenas fazer o controle com fungicidas. Também utilizam produtos biológicos para o manejo de doenças e pragas.

Outro diferencial deles no sistema de produção é o cuidado com a biologia do solo, praticando a rotação de culturas e o cultivo de plantas de cobertura, tais como aveia, nabo, girassol e milheto para cobertura.

Praticando o plantio direto e a rotação de culturas, eles conseguem uma produção de milho interessante mesmo no inverno.

Na prática do cotidiano no campo, os Schlegel seguem evoluindo. Eles começam a introduzir a agricultura de precisão e seguem investindo criteriosamente em adubação e em materiais mais responsivos. Além disso cuidam de perto das lavouras, sempre atentos aos tratos culturais quando estes se fazem necessários.

4. GESSI CECCON

Gessi rompeu paradigmas por meio da pesquisa e da integração com os agricultores.

O consórcio milho-braquiária associado ao sistema de plantio direto é a única tecnologia específica reconhecida pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) que conta com o zoneamento de risco climático. Graças a este reconhecimento os agricultores brasileiros conseguem financiamento para realizar o consórcio, bem como para contratar seguro dentro desta modalidade de cultivo.

Para que esta tecnologia se tornasse viável e fosse adotada em âmbito nacional foram necessários quase 20 anos de pesquisa de campo, observando, testando, ouvindo agricultores e demais profissionais que atuam com a cultura do milho safrinha; se debruçando diuturnamente sobre o tema. Um processo longo e trabalhoso que merece ser reconhecido.

O engenheiro agrônomo Gessi Ceccon é um dos profissionais por detrás desta tecnologia. Filho de agricultor, nascido no interior do Rio Grande do Sul, Gessi iniciou sua trajetória profissional na Escola Agrotécnica Federal de Sertão e em seguida na Universidade de Passo

Fundo, onde formou-se engenheiro agrônomo. Ele também concluiu mestrado e doutorado na Unesp de Botucatu e o doutorado sanduiche na Albert Ludwigs Universität, na Alemanha, sobre conservação do solo.

Para as culturas que Gessi questionou a relevância, acabou por se aprofundar na pesquisa. Isso aconteceu quando ele estava no Colégio Agrícola e apareceu um professor trazendo triticale. Ele se questionou sobre quando seria utilizado o triticale no sistema de produção e se viu trabalhando como técnico agrícola por cinco anos (1985 a 1990) na Embrapa Trigo.

Em seguida apareceu-lhe um professor com aveia branca, a qual acamava muito. Ele voltou a se questionar como aquele cereal funcionaria e, quando se deu conta, passaram-se oito anos (1990 a 1998) dedicados ao projeto de melhoramento da aveia na Universidade de Passo Fundo.

Ao chegar na pós-graduação ele assistiu a uma palestra de Aildson Pereira Duarte sobre milho safrinha e pensou consigo: “mas se não dá milho quem dirá milho safrinha”. Hoje Gessi é reconhecido pela sociedade científica representada no Seminário Nacional de Milho Safrinha (SNMS 2021) pelos relevantes serviços prestados à cultura do milho safrinha.

Para Gessi o pensamento positivo faz com que o ser humano consiga o que quer. “Tudo que você imagina que não vai acontecer pode ser que aconteça. Aquilo que acreditamos nós vamos para a pesquisa para transformar em tecnologia”, diz Gessi.

De fato, o milho safrinha é hoje realidade, tecnologia, ciência na prática andando nas mesas dos agricultores e da sociedade em geral. Mas um longo percurso foi percorrido até a safrinha virar a safra de milho do Brasil. Se fazia necessário antecipar a semeadura do milho safrinha após a colheita da soja, o que foi viabilizado pela pesquisa utilizando cultivares de hábito de crescimento de tipo indeterminado. Depois, a própria semeadura da braquiária junto com o milho.

PLANTIO DIRETO - A oscilação na produtividade da cultura do milho já era uma realidade devido as adversidades climáticas. Sabia-se que, após a semeadura do milho safrinha, reduzem as chances de chuvas. Logo observou-se que a palha na cobertura do solo, absorvendo o impacto da gota, diminuindo o aquecimento do sol e mantendo os nutrientes criava as condições ambientais favoráveis à produção de milho e de soja.

O CONSÓRCIO MILHO - Braquiária foi uma ferramenta para colocar palha no solo para fazer plantio direto. Aliás, a sucessão soja-milho safrinha só é possível em plantio direto, o qual deveria seguir três princípios: rotação de culturas, não revolvimento e cobertura do solo com palha. Esses pilares foram contemplados pelo Gessi no Consórcio Milho-Braquiária e o agricultor foi se adequando ao seu método de implantação.

TRAJETÓRIA - Como “manejador de arado de boi”, o que Gessi menos gostava era de ver o solo revolvido. cursando mestrado, ele começou a trabalhar o plantio direto na região de Assis-SP em projeto do Instituto Agrônomo (1999 a 2002). Na época, a Embrapa fez um diagnóstico chamado Plataforma de Plantio Direto por meio do qual identificou-se que no Centro-Oeste, região de clima tropical, era fácil fazer palha, mas difícil mantê-la na superfície do solo. Desde então, a cultura do milho safrinha acabou sendo incorporada à rotina de Gessi com foco na produção de grãos e na sustentabilidade do plantio direto.

O pesquisador ficou pensando o que poderia ser feito no período compreendido entre o pós-colheita do milho até a dessecação das plantas daninhas para o plantio da soja. Em conversa com agricultores veio a ideia de perguntar se eles experimentaram as braquiárias. Desta conversa nasceu o primeiro projeto de Consórcio Milho Safrinha-Braquiária em 2004.

Quando submeteu projeto para aprovação junto à Fundação Agrisus, foi preciso convencer os financiadores de que o consórcio

entre duas gramíneas era viável. Para isso, foi avaliado também o milho consorciado com leguminosas, mas quem se destacou foram as braquiárias. De ciclo perene, elas permaneciam verdes na cobertura do solo até a dessecação.

Um dos maiores desafios da pesquisa no processo de implantação do consórcio, segundo Gessi, foi convencer aos agricultores que o objetivo era colher milho e produzir palha e não fazer integração lavoura-pecuária. Naquele começo todos os esforços eram empreendidos para produzir palha para plantio direto e manter o solo coberto por mais tempo. “Essa foi a grande contribuição da braquiária no meio do milho”, sempre na presença do agricultor. Mas nem todas braquiárias são iguais e levou um certo tempo para escolher a espécie de braquiária mais apropriada ao consórcio e fazer as adaptações junto ao agricultor. Em 2005, nas primeiras pesquisas no campo, não havia sequer semeadora. As sementes eram colocadas no meio do milho de forma manual.

O agricultor está sempre ávido por novas tecnologias que agreguem ganhos de produtividade. Já na primeira apresentação de resultados de pesquisa no Seminário de Milho Safrinha em Assis (2005), o que era esperado se confirmou; o Consórcio Milho-Braquiária levaria a melhor colheita de soja, a principal cultura subsequente ao milho safrinha.

As pesquisas para a implantação simultânea da braquiária com o milho safrinha foram decisivas para o sucesso do consórcio. Os trabalhos balizaram a espécie e o método de implantação, sempre pensando na adoção da tecnologia pelo agricultor. A adoção da linha intercalar foi o método encontrado, já que o agricultor tinha a plantadeira de soja que é a mesma utilizada no plantio do milho. “Via de regra eles retiravam uma linha intercalar e faziam soja a 45 cm e milho a 90 cm”, lembra.

A tecnologia do Consórcio Milho Safrinha-Braquiária ganhou maior destaque em 2007 quando levado ao Seminário Nacional de Milho Safrinha em Dourados-MS. A partir de então o agricultor viu o consórcio como alternativa para cobrir o solo e ter uma estabilidade produtiva, principalmente para soja em sucessão, onde ele percebeu

que colhia mais grão após o cultivo da braquiária e milho safrinha consorciados.

Segundo Gessi, no consórcio não há necessidade de animais, e o agricultor não pode perder produtividade do milho safrinha, enquanto que na integração não pode faltar pasto. Com isso o agricultor precisa semear a braquiária com muito mais critério para não perder grãos de milho safrinha.

LEGALIDADE - No Zoneamento Agrícola, até 2009, era proibido colocar braquiária na linha intercalar ao milho safrinha. Neste mesmo ano, um agricultor teve sinistro de lavoura por seca e a seguradora se negou a ressarcir-lo porque ele tinha semeado braquiária no meio do milho. Ou seja, lavoura com consórcio não tinha seguro. O agricultor foi até a Embrapa e Gessi apresentou-lhe documento escrito na época. Ele entrou com recurso e teve seu seguro garantido.

A partir daí o trabalho foi intensificado, orientando estudantes de pós-graduação, foi possível mostrar por meio de pesquisa científica que a braquiária não compete com o milho, que reduz plantas daninhas e tem maior armazenamento de água no solo quando em consórcio. E assim o consórcio foi reconhecido pelo MAPA, por meio do zoneamento agrícola de risco climático. Ainda hoje o milho com braquiária é a única tecnologia de consórcio com zoneamento agrícola de risco climático, a qual permite ao agricultor plantar milho safrinha consorciado a braquiária com direito a contratar financiamento e seguro.

SOBRE A TECNOLOGIA - Dentre as tecnologias existentes nem todas interagem de maneira favorável com o Consórcio Milho Safrinha-Braquiária. Para elucidar quais tecnologias vieram para ficar existe a pesquisa.

A soja transgênica RR surgiu como uma tecnologia muito favorável, principalmente porque o agricultor sempre teve medo de que a braquiária fosse praguejar a soja. E o uso do glifosato permite o controle das plantas de braquiária que venham emergir na soja.

Depois veio o milho Bt e, com ele, o medo de que a braquiária fosse multiplicar lagarta e “detonar” a tecnologia Bt. Hoje, os resultados de pesquisa mostram que a braquiária pode ser um refúgio alternativo para a manutenção da tecnologia Bt no milho.

Em 2009, levantou-se o temor de que a braquiária viesse a multiplicar nematoides. Graças a pesquisa sabe-se que, pelo contrário, a braquiária cria condições para que os inimigos naturais dos nematoides sobrevivam e eles não sejam um problema.

Por último suspeitou-se de que a cigarrinha do milho se abrigaria na braquiária. Mas, quando a braquiária é dessecada para plantio da soja se elimina a possibilidade desta ponte verde até a próxima lavoura de milho safrinha.

Pesquisas com novas tecnologias precisam ser difundidas, como é o caso do Consórcio Milho-Braquiária. É muito simples e eficiente na manutenção da água e das condições físicas, químicas e biológicas do solo para que as plantas explorem o máximo do ambiente.

Gessi sente-se gratificado ao receber, depois de 17 anos de pesquisas e difusão de tecnologias, o reconhecimento da seleta sociedade que trabalha com o milho safrinha no Brasil. Ele compartilha a homenagem com todos os estudantes, os agricultores, os pesquisadores e todos os profissionais que atuam na cultura do milho safrinha.

Gessi transformou o consórcio em uma tecnologia viável. Fez isso ouvindo cada um e transformou as dúvidas em projetos de pesquisa, cujos resultados foram publicados e utilizados no zoneamento agrícola de risco climático. Mas sabe que todos têm mérito, e, por isso, não precisa assinar a sua obra. Para ele, basta chamá-la de “Consórcio Milho-Braquiária”.

Pelo reconhecimento da sociedade científica ele agradece a todos, mas, em especial aos colegas Isabela, Heitor e Aildson, que o acolheram no Instituto Agrônomo (IAC) em 1998. “Foi lá que nasci engenheiro agrônomo”. Na Embrapa consolidei esse trabalho juntamente com todos esses profissionais. Quero que todos se sintam gratificados por poder fazer o melhor para a cultura do milho safrinha”.



XVI SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA 2021

3 DÉCADAS DE INOVAÇÕES:
AVANÇOS E DESAFIOS

PROMOÇÃO:



APOIO:



PATROCINADORES:



AGÊNCIAS OFICIAIS:



TRANSMISSÃO ONLINE:



REALIZAÇÃO:



SECRETARIA DE
AGRICULTURA E
ABASTECIMENTO

