



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DEPARTAMENTO DE FITOPATOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOPATOLOGIA

**Controle químico, biológico e varietal da ferrugem asiática
(*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja**

Vítor Augusto Carvalho Baldo

Brasília - DF

2024

Vítor Augusto Carvalho Baldo

**Controle químico, biológico e varietal da ferrugem asiática
(*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja**

Tese entregue à
Universidade de Brasília
como requisito parcial para a
obtenção do título de
Doutor em Fitopatologia pelo
Programa de Pós-Graduação
em Fitopatologia.

Orientador

Dr. José Ricardo Peixoto

Coorientador

Dr. Luíz Eduardo Bassay Blum

**BRASÍLIA - DISTRITO FEDERAL
BRASIL
2024**

FICHA CATALOGRÁFICA

Baldo, Vítor Augusto Carvalho.

Controle químico, biológico e varietal da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja. Brasília, 2024.

()p.il.

Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Universidade de Brasília, Brasília.

1. *Phakopsora pachyrhizi* - controle de doenças em soja.

I. Universidade de Brasília. PPG/FIT.

II. Controle químico, biológico e varietal da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*)

*Troque suas folhas e flores, mas não perca suas raízes...
Mude suas opiniões, mas não perca seus princípios.*

Desconhecido/Adaptado: Vítor Augusto Carvalho Baldo

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me mostrado os melhores caminhos!

Aos meus pais, irmã e escudeiro fiel (Tuky), os quais possuem a minha lealdade e amor.

Um agradecimento especial ao meu pai, Nelson Baldo, também Engenheiro Agrônomo, por sempre ter me apoiado nos caminhos da Agronomia, mesmo em tempos difíceis.

A minha namorada Lorrany Freire, por todo o seu amor, cuidado, cumplicidade e carinho. Por ter me acompanhado em todos os momentos, bons e ruins.

Ao Engenheiro Agrônomo e Msc. Luís Henrique Carregal, por ter sido um excelente Professor em Agronomia. Pela confiança na minha ideia inicial da tese. Agradeço também a oportunidade e estrutura da Agro Carregal®, para a realização dos experimentos em campo.

Ao Engenheiro Agrônomo e Dr. Nédio Rodrigo Tormen, por também ter sido um excelente professor e motivador nos tempos de Mestrado.

Ao meu amigo Édson Sampaio, pela extrema sabedoria e por ter me acompanhado na minha trajetória.

Ao meu amigo, Biólogo e Fisiologista Vegetal, Dr. Roniel Geraldo Avila, por sempre ter acreditado em mim e nos meus sonhos.

Ao meu amigo e parceiro Fernando Finger Santiago, pelo companheirismo de sempre.

Ao meu amigo Rafael Medeiros (Bob), pela verdadeira amizade.

A Brasília, a cidade que considero de coração.

À Universidade de Brasília, a qual sempre guardarei com muito zelo.

A Rio Verde, a cidade que realizei os ensaios, me acolheu e surpreendeu.

Aos professores Dr. José Ricardo Peixoto e Dr. Luíz Eduardo Bassay Blum, pela toda atenção e dedicação como orientadores.

Aos professores do Programa de Fitopatologia da Universidade de Brasília, pelos conhecimentos transmitidos de forma singular, excepcional e completa.

A todos os funcionários envolvidos na Agro Carregal®, pela troca de conhecimentos e pronta entrega nas atividades envolvendo os ensaios.

Ao Engenheiro Agrônomo Lucas Rozas, diretor da Prisma Inteligência Agrônômica®, pela contribuição e disponibilização das fotografias NDVI dos ensaios.

A Lorena Nogueira, Engenheira Agrimensora e Analista de Geoprocessamento da Prisma Inteligência Agronômica®, pelo processamento das imagens RGB e NDVI.

A Dra. Joyce Goulart, representante técnica comercial da Tropical Melhoramento Genético® (TMG), pela ajuda na obtenção da cultivar TMG 7063 Inox®.

Ao Thiago Costa, gerente comercial da sementeira Analyce®, pela disponibilização das sementes da TMG 7063 Inox®.

Ao Msc. Leonardo Vieira Santos, consultor técnico de pesquisa da Ihara®, pela disponibilização do fungicida biológico Romeo SC®.

A Msc. Mírian Faria, representante de inovações do Grupo Vittia®, pela disponibilização do fungicida biológico Bio-Imune®.

A CAPES pela bolsa de auxílio durante o doutorado, ajudando de forma imprescindível na execução de todas as etapas envolvendo o trabalho.

A todos que estiveram comigo!

Trabalho realizado junto ao Departamento de Fitopatologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob orientação do Professor José Ricardo Peixoto, com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Agro Carregal®.

Controle químico, biológico e varietal da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja

Vítor Augusto Carvalho Baldo

TESE APROVADA em 30/08/2024 por:

Dra. Thaís Ribeiro Santiago

Examinador interno - PPG FIT (UnB)

Dr. Nédio Rodrigo Tormen

Examinador externo - Staphyt Brasil

Dr. Angelo Aparecido Barbosa Sussel

Examinador externo - Embrapa Cerrados

Dr. Danilo Batista Pinho

Examinador suplente - PPG FIT (UnB)

Dr. José Ricardo Peixoto

Orientador/Presidente - PPG FIT (UnB)

BRASÍLIA - DISTRITO FEDERAL

2024

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO GERAL	xiii
GENERAL ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Geral	3
2.2 Específicos.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 A cultura da soja (<i>Glycine max</i>)	4
3.1.1 Centro de Origem.....	4
3.1.2 Importância econômica e social.....	4
3.1.3 Problemas fitossanitários	5
3.1.4 Doenças Ocorrentes	5
3.2 Ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>).....	7
3.2.1 Importância e Danos	7
3.2.2 Etiologia.....	7
3.2.3 Círculo de Hospedeiras	8
3.2.4 Epidemiologia	9
3.2.5 Sintomatologia	10
3.2.6 Controle Químico.....	13
3.2.7 Resistência fúngica	14
3.2.8 Controle biológico	15
3.2.9 Controle genético	17
LITERATURA CITADA.....	23
CAPÍTULO 1. INTEGRAÇÃO DE FUNGICIDAS QUÍMICOS E RESISTÊNCIA GENÉTICA NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA.....	36
RESUMO	37
ABSTRACT	40
1. INTRODUÇÃO	43
2. MATERIAL E MÉTODOS	45

2.1	Caracterização do local.....	45
2.2	Semeadura e manejo da soja.....	46
2.3	Condições ambientais durante a condução do experimento.....	47
2.4	Aplicações dos Tratamentos Fungicidas	48
2.5	Delineamento experimental e tratamentos	52
2.6	Variáveis mensuradas	54
2.6.1	Severidade da ferrugem asiática	54
2.6.2	Green Seeker Handheld Trimble® - NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada).....	55
2.6.3	Fotografias multiespectrais NDVI obtidas por VANT	57
2.6.4	Componentes de Produtividade	59
2.7	Análise de dados.....	61
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
3.1	Área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática (AACPD).....	61
3.2	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	65
3.3	Componentes de produtividade	75
4.	CONCLUSÕES.....	79
	LITERATURA CITADA.....	80
	CAPÍTULO 2._INTEGRAÇÃO DE FUNGICIDAS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA	86
	RESUMO	87
	ABSTRACT.....	89
1.	INTRODUÇÃO	91
2.	MÉTODOS E MATERIAIS	92
2.1	Caracterização do local.....	92
2.2	Semeadura e manejo da soja.....	93
2.3	Condições ambientais durante a condução do experimento.....	93
2.4	Aplicações dos Tratamentos Fungicidas	94
2.5	Delineamento experimental e tratamentos	96
2.6	Variáveis mensuradas	97
2.6.1	Severidade da ferrugem asiática	97
2.6.2	Green Seeker Handheld Trimble® - NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada).....	98
2.6.3	Fotografias multiespectrais NDVI obtidas por VANT	98

2.6.4 Componentes de produtividade.....	99
2.7 Análise de dados.....	99
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	100
3.1 Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD)	100
3.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	103
3.3 Componentes de produtividade	112
4. CONCLUSÕES.....	116
LITERATURA CITADA.....	117
CAPÍTULO 3. INTEGRAÇÃO DE FUNGICIDAS BIOLÓGICOS, QUÍMICOS E RESISTÊNCIA GENÉTICA NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA.....	123
RESUMO	124
ABSTRACT	126
1. INTRODUÇÃO	128
2. MÉTODOS E MATERIAIS	129
2.1 Caracterização do local.....	129
2.2 Semeadura e manejo da soja.....	129
2.3 Condições ambientais durante a condução do experimento.....	130
2.4 Aplicações dos Tratamentos Fungicidas	130
2.5 Delineamento experimental e tratamentos	132
2.6 Variáveis mensuradas	134
2.6.1 Severidade da ferrugem asiática	134
2.6.2 Green Seeker Handheld Trimble® - NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada).....	134
2.6.3 Fotografias multiespectrais NDVI obtidas por VANT	135
2.6.4 Componentes de produtividade.....	135
2.7 Análise de dados.....	136
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	136
3.1 Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD)	136
3.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).....	139
3.3 Componentes de Produtividade	147
CONCLUSÕES.....	151
LITERATURA CITADA.....	151
8. ANEXOS.....	156
Anexo I. Escala diagramática da severidade da ferrugem asiática.....	156

Anexo II. Fungicidas químicos e biológicos utilizados (ingredientes ativos; grupos químicos; formulação; dose; classificação; classificação ambiental; número de registro).	156
Anexo III. Descrição da escala fenológica BBCH (Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical).....	160
Anexo IV. Escala fenológica da soja (Glycine max), proposta por Fehr & Caviness (1977).....	162
Anexo V. Características agronômicas da cultivar Brasmax Foco IPRO®.	163
Anexo VI. Características Agronômicas da cultivar TMG Inox 7065 IPRO®.....	164
Anexo VII. Dados climatológicos da localidade dos ensaios realizados (safra 2021/22)..	165
Anexo VIII. Dados climatológicos da localidade dos ensaios realizados (safra 2022/23).	166
Anexo IX. Comparação de arquitetura e carga produtiva da TMG 7063 Inox IPRO® e Brasmax FOCO IPRO®.	167
Anexo X. Presença de fitotoxicidade nos tratamentos submetidos ao fungicida sítio específico Fox Xpro®.....	168
Anexo XI. Fotografia em composição multiespectral capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (safra 2021/22).....	168
Anexo XII. Fotografia em RGB (additive primary colors: red, green, blue) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (safra 2021/22).....	169
Anexo XIII. Fotografia em RGB (additive primary colors: red, green, blue) capturada pelo drone eBee Ag®.	170
Anexo XIV. Fotografia em RGB (additive primary colors: red, green, blue) com marcação das parcelas de 5 x 4 metros, capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (safra 2022/23).....	171
Anexo XV. Fotografia em NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (safra 2021/22).....	172
Anexo XVI. Fotografia em NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (safra 2022/23)	173
Anexo XVII. Fotografia evidenciando as médias de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (época 1 - safra 2021/22)	174
Anexo XVIII. Fotografia evidenciando as médias de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (época 2 - safra 2022/23).....	175
Anexo XIX. Croqui dos tratamentos do protocolo UnB 01.	176
Anexo XX. Croqui dos tratamentos do protocolo UnB 02.....	176
Anexo XXI. Croqui dos tratamentos do protocolo UnB 03.	177
Anexo XXII. Croqui dos tratamentos do protocolo UnB 04.....	177

Anexo XXIII. Componente de produtividade (sacas por hectare) dos tratamentos do ensaio UnB 01 - Época 1. Cultivar: Brasmax Foco IPRO®.....	178
Anexo XXIV. Componente de produtividade (sacas por hectare) dos tratamentos do ensaio UnB 01 - Época 2. Cultivar: Brasmax Foco IPRO®.....	178
Anexo XXV. Componente de produtividade (sacas por hectare) dos tratamentos do ensaio UnB 02 - Época 1. Cultivar: TMG 7063 IPRO®.....	179
Anexo XXVI. Componente de produtividade (sacas por hectare) dos tratamentos do ensaio UnB 02 - Época 2. Cultivar: TMG 7063 IPRO®.....	179
Anexo XXVII. Componente de produtividade (sacas por hectare) dos tratamentos do ensaio UnB 03 - Época 1. Cultivar: Brasmax Foco IPRO®.....	180
Anexo XXVIII. Componente de produtividade (sacas por hectare) dos tratamentos do ensaio UnB 03 - Época 2. Cultivar: Brasmax Foco IPRO®.....	180
Anexo XXIX. Componente de produtividade (sacas por hectare) dos tratamentos do ensaio UnB 04 - Época 1. Cultivar: TMG 7063 Inox®.....	181
Anexo XXX. Componente de produtividade (sacas por hectare) dos tratamentos do ensaio UnB 04 - Época 2. Cultivar: TMG 7063 Inox®.....	182
Anexo XXXI. Comparativo dos valores de AACPD dos tratamentos dos ensaios UnB 01 e UnB 02, nas duas épocas de avaliações (2021/22 e 2022/23).....	183
Anexo XXXII. Comparativo dos valores de AACPD dos tratamentos do ensaio UnB 03, nas duas épocas de avaliações (2021/22 e 2022/23).....	184
Anexo XXXIII. Comparativo dos valores de AACPD dos tratamentos do ensaio UnB 04, nas duas épocas de avaliações (2021/22 e 2022/23).....	185
Anexo XXXIV. Especificações técnicas da ponta de pulverização utilizada para a aplicação dos tratamentos com fungicidas químicos e biológicos.....	186

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Doenças ocorrentes na cultura da soja.....	6
Tabela 2. Plantas hospedeiras do fungo <i>Phakopsora pachyrhizi</i> . Relatos de infecções ocorrendo em campo e em casa de vegetação.....	8
Tabela 3. Genes de resistência de soja selvagem ao fungo <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , posições genômicas, fontes de resistência (acessos vegetais) e referências.	21
Tabela 4. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB01 (safra 2021/22)...	48
Tabela 5. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB02 (safra 2021/22)...	49
Tabela 6. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB01 (safra 2022/23)...	50
Tabela 7. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB02 (safra 2022/23)...	51
Tabela 8. Fungicidas químicos e biológicos utilizados, com seus respectivos nomes comerciais, princípios ativos e concentrações de ingrediente ativo e doses.	53
Tabela 9. Tratamentos do ensaio UnB01. Cultivar: Brasmax Foco IPRO®.....	53
Tabela 10. Tratamentos do ensaio UnB02. Cultivar: TMG 7063 Inox®.....	53
Tabela 11. Área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática (AACPD) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 01 e UnB 02 - Época 1 (safra 2021/22).....	64
Tabela 12. Área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática (AACPD) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 01 e UnB 02 - Época 2 (safra 2022/23).....	65

Tabela 13. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 3 (14/03/2022) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 01 e UnB 02 - Época 1 (safra 2021/22).	67
Tabela 14. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 5 (14/03/2022) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 01 e UnB 02 - (safra 2012/22).	68
Tabela 15. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 3 (11/03/2023) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 01 e UnB 02 -Época 2 (safra 2022/23).	68
Tabela 16. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 5 (11/03/2023) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 01 e UnB 02 - Época 2 (safra 2022/23).	69
Tabela 17. Avaliação de componente de produtividade (em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 01 e UnB 02 - Época 1 (safra 2021/22).	76
Tabela 18. Avaliação de produtividade em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 01 e UnB 02 - Época 2 (safra 2022/23).	77
Tabela 19. Avaliação de massa de mil grãos (MMG) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 01 e UnB 02 -Época 1 (safra 2021/22).	78
Tabela 20. Avaliação de massa de mil grãos (MMG) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 01 e UnB 02 -Época 2 (safra 2022/23).	79

Tabela 21. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB 03 - Época 1 (safra 2021/22).	94
Tabela 22. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB03 - Época 2 (safra 2022/23).	95
Tabela 23. Fungicidas químicos e biológicos utilizados, com seus respectivos nomes comerciais, princípios ativos e concentrações de ingrediente ativo e doses (Ensaio: UnB 03).	96
Tabela 24. Tratamentos do ensaio UnB03. Cultivar: Brasmax Foco IPRO®.....	96
Tabela 25. Área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática (AACPD) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 1 (safra 2021/22).	102
Tabela 26. Área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática (AACPD) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 2 (safra 2022/23).	102
Tabela 27. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 3 (14/03/2022) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 1 (safra 2021/22).....	104
Tabela 28. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 5 (14/03/2022) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 1 (safra 2021/22).....	104
Tabela 29. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 3 (16/03/2023) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 2 (safra 2022/23).....	105

Tabela 30. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 5 (16/03/2023) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®) - Época 2 (safra 2022/23).	105
Tabela 31. Avaliação de produtividade em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 1 (safra 2021/22).....	114
Tabela 32. Avaliação de produtividade em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 2 (safra 2022/23).....	114
Tabela 33. Avaliação de componente de produtividade (massa de mil grãos - MMG) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 1 (safra 2021/22).....	115
Tabela 34. Avaliação de componente de produtividade (massa de mil grãos - MMG) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 2 (safra 2022/23).....	116
Tabela 35. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB 04 - Época 1 (safra 2021/22).	131
Tabela 36. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB 04 - Época 2 (safra 2022/23).	132
Tabela 37. Fungicidas químicos e biológicos utilizados, com seus respectivos nomes comerciais, princípios ativos e concentrações de ingrediente ativo e doses (Ensaio: UnB 04).	133
Tabela 38. Tratamentos do ensaio UnB04. Cultivar: TMG 7063 Inox®.....	133
Tabela 39. Área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática (AACPD) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 1 (safra 2021/22).	138

Tabela 40. Área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática (AACPD) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 2 (safra 2022/23).	138
Tabela 41. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - Linha 3 (14/03/2022) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 1 (safra 2021/22).....	140
Tabela 42. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - Linha 5 (14/03/2022) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 1 (safra 2021/22).....	140
Tabela 43. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - Linha 3 (12/03/2023) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 2 (safra 2022/23).....	140
Tabela 44. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - Linha 5 (12/03/2023) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 2 (safra 2022/23).....	141
Tabela 45. Avaliação de produtividade em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 1 (safra 2021/22).....	148
Tabela 46. Avaliação de produtividade em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 2 (safra 2022/23).....	149
Tabela 47. Avaliação de componente de produtividade (massa de mil grãos - MMG) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 1 (safra 2021/22).....	150
Tabela 48. Avaliação de componente de produtividade (massa de mil grãos - MMG) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 2 (safra 2022/23).....	150

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sintomas de amarelecimento foliar e desfolha antecipada, comprometendo o enchimento de grãos. Comparativo entre o tratamento 1 (testemunha) e tratamento 6 [Fox Xpro (30, 45 e 60 DAE) + Unizeb Gold (45 e 60 DAE)]. Cultivar BMX Foco®, época 1 (safra 2021/22).	12
Figura 2. Contraste das lesões TAN e RB (Redish-brown) das cultivares Brasmax FOCO® (suscetível) e TMG 7063 INOX® (detentora de genes Rpp - resistance to <i>Phakopsora pachyrhizi</i>).....	23
Figura 3. Localização dos ensaios UnB 01 e UnB 02.....	46
Figura 4. Semeadura das cultivares Brasmax FOCO® e TMG 7063®.....	47
Figura 5. Metodologia de aplicação.....	52
Figura 6. Contraste de severidade entre as duas cultivares	55
Figura 7. Metodologia Green Seeker Handheld Trimble® para precisão de leituras	57
Figura 8. Análise de vigor através do aparelho Green Seeker Handheld Trimble®.....	57
Figura 9. VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) Ebee Ag (Sense Fly) utilizado nos ensaios	58
Figura 10. Fotografias capturadas pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M®	59
Figura 11. (A): Colheita manual de parcela, com a formação dos trechos com plantas pertencentes às linhas centrais; (B): Trilhador; (C): grãos de soja já trilhados que serão pesados (produtividade); (D): processo de separação e análise do MMG (massa de mil grãos)	61
Figura 12. Fotografias NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (UnB 01 e UnB 02 - época 1).	70
Figura 13. Fotografias NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (UnB 01 e UnB 02 - época 2).	72
Figura 14. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 01 (Época 1 - Cultivar Brasmax FOCO IPRO®).....	72
Figura 15. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 01 (Época 2 - Cultivar Brasmax FOCO IPRO®).	73
Figura 16. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 02 (Época 1 - cultivar TMG 7063 Inox IPRO®).....	74

Figura 17. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 02 (Época 2 - cultivar TMG 7063 Inox IPRO®).....	75
Figura 18. Fotografias NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (UnB 03 - época 1).	108
Figura 19. Fotografia NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (UnB 03 - época 2).	110
Figura 20. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 03 (Época 1 - Cultivar Brasmax FOCO IPRO®)	110
Figura 21. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 03 (Época 2 - Cultivar Brasmax FOCO IPRO®).	111
Figura 22. Fotografias NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (UnB 04 - Época 1).....	143
Figura 23. Fotografias NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (UnB 04 - Época 2).....	144
Figura 24. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 04 (Época 1 – Cultivar TMG 7063 INOX FOCO IPRO®).....	145
Figura 25. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 04 (Época 1 - Cultivar TMG 7063 INOX FOCO IPRO®).....	146

RESUMO GERAL

BALDO, Vítor Augusto Carvalho. **Controle químico, biológico e varietal da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja**. 2022. Projeto de Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.

A soja (*Glycine max*) é o principal commodity agrícola do Brasil, onde atualmente ultrapassa os Estados Unidos em área cultivada e produtividade, se tornando o maior produtor mundial da oleaginosa. Desde meados dos anos 2000, um dos principais problemas fitossanitários ocorrentes na cultura é a ferrugem asiática, causando perdas que podem atingir até 90%. A ferrugem é causada pelo fungo basidiomiceto *Phakopsora pachyrhizi*, predominando a sua fase anamórfica de reprodução (uredínia e uredíniosporos) nas epidemias da doença. A FAS (ferrugem asiática) se manifesta inicialmente com lesões de coloração verde-escuro, passando para marrom-castanho ou marrom avermelhado com o tempo, onde as uredínias costumam incidir nas faces abaxiais. Com avanço das infecções e área foliar infectada, ocorre o amarelecimento generalizado e queda precoce de folhas, que por sua vez gera antecipação do ciclo e danos ao pleno enchimento dos grãos. No referido trabalho, objetivou-se avaliar o manejo da ferrugem asiática em função da associação de fungicidas químicos, biológicos e resistência genética, devido a pouca quantidade de estudos envolvendo a dinâmica de interação dos três fatores. Para tais finalidades, foram instalados quatro ensaios em campo em 17/12/2022 e 17/12/2023 na localidade de Rio Verde (GO), considerando o objetivo principal de comparar as cultivares resistente e suscetível quanto ao programa de aplicações de fungicidas químicos e biológicos. Os ensaios foram instalados e conduzidos utilizando o delineamento experimental blocos casualizados, com quatro repetições. A área das parcelas foi de 20 m², sendo a área útil de 15 m². As cultivares utilizadas foram TMG 7063 Inox® (grupo de maturação: 7.0; ciclo precoce: 110 dias; resistente a *P. pachyrhizi*) e Brasmax Foco IPRO® (grupo de maturação: 7.2; ciclo precoce: 108 dias; suscetível *P. pachyrhizi*). Os fungicidas químicos utilizados foram: Fox Xpro® [Trifloxistrobina/Estrobilurina + Protiocanazol/Triazol + Bixafem/Carboxamida (150 + 175 + 125 g i.a. ha⁻¹)], Cypress 400 EC® [Ciproconazol/Triazol + Difenocanazol/Triazol (150 + 250 g i.a. ha⁻¹)], Aproach Prima® [Picoxistrobina/Estrobilurina + Ciproconazol/Triazol (200 + 80 g i.a. ha⁻¹)], Ativum® [Epoconazol/Triazol + Fluaxapiraxade/Carboxamida + Piraclostrobina/Estrobilurina (50 + 50 + 81 g i.a. ha⁻¹)], Unizeb Gold® [Mancozebe/Ditiocarbamato (720g i.a. ha⁻¹)], Bravonil 720® [Clorotalonil/Isoftalonitrila (720 g i.a. ha⁻¹)], Reconil® [Oxicloreto de Cobre/Cúprico (588 g i.a. ha⁻¹)] e Status® [(Oxicloreto

de Cobre/Cúprico (588 g i.a. ha⁻¹)]. Os fungicidas biológicos utilizados foram: Romeo SC® [Cerevisane LAS 117/Microbiológico (100 g i.a. ha⁻¹)] e Bio-Imune SC® [*Bacillus subtilis* BV02/Microbiológico (42 g i.a. ha⁻¹)]. Os fungicidas químicos e biológicos foram aplicados em quatro estádios fenológicos da cultura, sendo posicionados em 30, 45, 60 e 75 DAE (dias após a emergência). As variáveis mensuradas foram: severidade da doença, análise de vigor por reflectância (Green Seeker Handheld Trimble®), AACPD (Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença), sensoriamento remoto com fotografias NDVI (Normalized Difference Vegetation Index/Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, com a utilização do drone eBee Ag® - lente Sensefly Duet M®), produtividade total de parcela e massa de mil grãos (MMG). Os principais fatores responsáveis pela variação no rendimento produtivo dos tratamentos foram a ferrugem, as variedades e os fungicidas químicos. Os fungicidas químicos utilizados reduziram a AACPD em relação à testemunha e conseqüentemente proporcionaram maior produtividade. O decréscimo na quantidade de aplicações de fungicidas químicos interferiu significativamente no controle da doença, havendo diferença significativa entre as cultivares. De forma geral, a variedade TMG 7063 Inox® apresentou notas de severidade menores em relação à Brasmax FOCO®. Nos tratamentos com 1 e 2 aplicações de fungicidas específicos, a diferença foi mínima, tendo uma maior eficiência a partir de 3 aplicações nas cultivares resistente e suscetível. Os tratamentos com 4 aplicações isoladas do fungicida específico Fox Xpro® apresentou menor controle do que o tratamento com três aplicações de Fox Xpro® e duas associadas de multissítio. Dentre os fungicidas multissítios, o Unizeb Gold® foi o fungicida protetor que apresentou o maior controle em associação com os fungicidas sítio-específico. Em relação aos tratamentos com fungicidas biológicos, eles isoladamente não apresentaram eficiência, possuindo severidades semelhantes a testemunha e em alguns casos com notas superiores de severidade. A utilização isolada dos biológicos nas primeiras aplicações (30 e 45 DAE) possivelmente aumentou a concentração de inóculo para as aplicações posteriores, alterando e dificultando o manejo da FAS. A associação tardia dos biológicos (terceira e quarta aplicações, realizadas em 60 e 75 DAE) aos fungicidas químicos não apresentaram acréscimo no controle da doença.

Palavras-chave: *Glycine max*; controle biológico; resistência genética; controle químico; Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

GENERAL ABSTRACT

BALDO, Vitor Augusto Carvalho. **Chemical, biological and varietal control of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybeans.** 2022. Thesis Project (Doctor in Phytopathology) - University of Brasilia, Brasília, DF.

Soybean (*Glycine max*) is the main agricultural commodity in Brazil, where it currently surpasses the United States in cultivated area and productivity, becoming the world's largest producer of the oilseed. Since the mid-2000s, one of the main phytosanitary problems occurring in the crop is Soybean Rust, causing losses that can reach up to 90%. Rust is caused by the basidiomycete fungus *Phakopsora pachyrhizi*, with its anamorphic reproductive phase (uredinia and urediniospores) predominating in epidemics of the disease. The Soybean Rust initially manifests itself with dark green lesions, turning brownish-brown or reddish-brown over time, where uredinia usually occur on the abaxial surfaces. As the infection progresses and the leaf area becomes infected, widespread yellowing and early leaf fall occur, which in turn causes early cycle and damage to the full filling of the grains. This study aimed to evaluate the management of Soybean Rust based on the association of chemical and biological fungicides and genetic resistance, due to the small number of studies involving the dynamics of interaction of the three factors. For these purposes, four field trials were installed on 12/17/2022 and 12/17/2023 in Rio Verde (GO), considering the main objective of comparing the resistant and susceptible cultivar regarding the application program of chemical and biological fungicides. The trials were installed and conducted using a randomized block experimental design, with four replications. The area of the plots was 20 m², with a useful area of 15 m². The cultivars used were TMG 7063 Inox® (GM: 7.0; early cycle: 110 days; resistant to *P. pachyrhizi*) and Brasmax Foco IPRO® (maturity group: 7.2; early cycle: 108 days; susceptible to *P. pachyrhizi*). The chemical fungicides used were: Fox Xpro® [Trifloxystrobin/Strobilurin + Prothioconazole/Triazole + Bixafem/Carboxamide (150 + 175 + 125 g a.i. ha⁻¹)], Cypress 400 EC® [Cyproconazole/Triazole + Difenconazole/Triazole (150 + 250 g a.i. ha⁻¹)], Aproach Prima® [Picoxystrobin/Strobilurin + Cyproconazole/Triazole (200 + 80 g a.i. ha⁻¹)], Ativum® [Epoconazole/Triazole + Fluaxapyroxad/Carboxamide + Pyraclostrobin/Strobilurin (50 + 50 + 81 g a.i. ha⁻¹)], Unizeb Gold® [Mancozeb/Dithiocarbamate (720g a.i. ha⁻¹)], Bravonil 720® [Chlorothalonil/Isophthalonitrile (720 g a.i. ha⁻¹)], Reconil® [Copper/Cupric Oxychloride (588 g a.i. ha⁻¹)] and Status® [Copper/Cupric Oxychloride (588 g a.i. ha⁻¹)]. The biological fungicides used were: Romeo SC® [Cerevisane LAS 117/Microbiological (100 g a.i. ha⁻¹)]

and Bio-Imune SC® [*Bacillus subtilis* BV02/Microbiological (42 g a.i. ha⁻¹)]. The chemical and biological fungicides were applied at four phenological stages of the crop, being positioned at 30, 45, 60 and 75 DAE (days after emergence). The variables measured were: disease severity, vigor analysis by reflectance (Green Seeker Handheld Trimble®), AUDPC (Area Under the Disease Progress Curve), remote sensing with NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) photographs, using the eBee Ag® drone - Sensefly Duet M® lens), total plot productivity and thousand grain mass (MMG). Rust was the main factor responsible for the variation in productive yield between treatments, generating comparative viability between them. The chemical fungicides used reduced the AUDPC in relation to the control and consequently provided greater productivity. The decrease in the amount of chemical fungicide applications significantly interfered in disease control, with a significant difference between cultivars. In general, the TMG 7063 Inox® variety presented lower severity scores in relation to Brasmax FOCO®. In treatments with 1 and 2 applications of specific fungicides, the difference was minimal, with greater efficiency after 3 applications in resistant and susceptible cultivars. Treatments with 4 isolated applications of the specific fungicide Fox Xpro® showed less control than the treatment with three applications of Fox Xpro® and two associated multisite applications. Among the multisite fungicides, Unizeb Gold® was the protective fungicide that showed the greatest control in association with site-specific fungicides. Regarding treatments with biological fungicides, they were not efficient alone, with severities similar to the control and in some cases with higher severity scores. The preventive replacement of biologicals with chemical ones increased the inoculum concentration for subsequent applications, altering and making ASR management more difficult. The late association of biologicals (third and fourth applications, performed at 60 and 75 DAE) with chemical fungicides did not show any increase in disease control.

Keywords: *Glycine max*; biologic control; genetic resistance; chemical control; Normalized Difference Vegetation Index.

Advisor: José Ricardo Peixoto - Universidade de Brasília.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da soja (*Glycine max*) é o principal commodity do Brasil, representando aproximadamente 37,3 bilhões de dólares em exportações, já ultrapassando a alguns anos a exportação de óleos brutos de petróleo. Com a exportação, a produção nacional se encontra no topo do ranking mundial, onde na safra 2020/21, foram plantados 38,502 milhões de hectares, gerando 135,409 milhões de toneladas de produção, em contraste com o segundo maior produtor (Estados Unidos da América), com 33,313 milhões de hectares plantados e 112,549 milhões de toneladas produzidas (USDA, 2021).

O cultivo da soja está distribuído por cinco macrorregiões sojícolas do país e suas respectivas regiões edafoclimáticas. Porém, a maior concentração de área plantada está situada nas regiões do Centro-Oeste e Região Sul. Os estados com maior produção são: Mato Grosso (35,947 milhões de toneladas), Paraná (19,872 milhões de toneladas), Rio Grande do Sul (20,164 milhões de toneladas) e Goiás (13,720 milhões de toneladas) (MAPA, 2021).

Em detrimento da extensa área plantada, monocultura e adoções incorretas de manejo, houve um avanço simultâneo dos problemas fitossanitários, onde as doenças geram danos significativos à cultura e conseqüentes perdas financeiras ao produtor. De forma geral, a soja é acometida por mais de 40 doenças, incluindo agentes como fungos, nematoides, vírus e bactérias. Dentre as ocorrentes, a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow) é a doença mais destrutiva, podendo gerar prejuízos de até 90% em produtividade, dependendo do manejo, condições ambientais e época de plantio (Sinclair & Backman, 1989; Henning et al. 2014).

A ferrugem asiática (FAS) é marcada por epidemias com avanço rápido, devido a sua disseminação de esporos por longas distâncias, através do vento. As epidemias mais graves têm sido relatadas em áreas com temperatura variando de 20 a 27 °C e molhamento foliar acima de 6 horas, porém quanto maior o molhamento, maior a probabilidade no sucesso da infecção. Nestas condições, a infecção se dá no período de 6 horas após a deposição do esporo (Kawuki, 2004; Reis et al. 2016).

O controle da ferrugem consiste na integração de várias estratégias, como exemplos: vazio fitossanitário; eliminação de plantas voluntárias na entressafra; época de semeadura; densidade populacional; utilização de materiais com ciclo semiprecoce e precoce; se

disponível, utilização de cultivares com genes de resistência; monitoramento de pontos de inóculo inicial; utilização de fungicidas sítio-específico e multissítios; entre outras. Entretanto, das estratégias existentes, a utilização de fungicidas químicos ainda é a principal e mais eficiente medida de controle (Carregal et al. 2015).

A intensa esporulação e alta variabilidade genética do *P. pachyrhizi* geram populações mutantes, havendo resistência fúngica a vários princípios ativos de fungicidas sítio-específicos. Atualmente, já é relatada resistência a ingredientes ativos dos três principais grupos químicos utilizados, os triazóis (DMI's - inibidores da desmetilação), estrobilurinas (IQe's - inibidores da quinona externa) e carboxamidas (ISDH - inibidores da succinato desidrogenase). Por haver a perda de eficiência dos ingredientes ativos, cada vez mais está sendo demandada a associação de estratégias para o controle da doença (Bradley, 2007; Brent, 2007; Chakraborty et al. 2009; Childs et al. 2018).

Diante desse cenário, onde os fungicidas sítio-específico isolados não apresentam alta funcionalidade, compreender a dinâmica de outros métodos é de grande valia para o manejo integrado. Nesse sentido, as cultivares Inox (detentoras dos genes Rpp - resistance to *Phakopsora pachyrhizi*) são uma alternativa para o controle, diminuindo a formação de uredínias e esporulação através da reação de lesões Redish-brown (RB) e hipersensibilidade (RH). Ademais, recentemente, foram lançados comercialmente dois fungicidas biológicos, o Romeo SC (Cerevisane LAS 117) e Bio-Imune (*Bacillus subtilis* BV02), que são produtos específicos para o alvo *P. pachyrhizi*. Entretanto, a interação de resistência genética, fungicidas químicos e biológicos é recente e ainda pouco conhecida no manejo da FAS.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

- ✓ Avaliar o manejo da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) com a associação de fungicidas químicos, biológicos e resistência genética.

2.2 Específicos

- ✓ Avaliar a resposta das cultivares (resistente x suscetível) a implementação do programa de aplicações de fungicidas químicos e biológicos.
- ✓ Avaliar o efeito do decréscimo da quantidade de aplicações de fungicidas químicos no desempenho da cultivar resistente e suscetível.
- ✓ Avaliar a eficiência de fungicidas biológicos aplicados isolados no controle da doença.
- ✓ Avaliar a interação de fungicidas químicos e biológicos no controle da doença.
- ✓ Avaliar o posicionamento fenológico dos fungicidas químicos e biológicos.
- ✓ Avaliar o efeito dos fungicidas químicos, biológicos e resistência genética sobre a produtividade da soja.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura da soja (*Glycine max*)

3.1.1 Centro de Origem

O registro mais antigo da utilização da soja (*Glycine max*) data de 2.838 A.C, a informação é vinda da literatura chinesa, mais especificamente do herbário “Pent’s Ao Kang Mu”. Porém, é provável que a planta já viesse sendo utilizada a centenas de anos antes do primeiro relato formal. A soja, desde tempos remotos já era cultivada e utilizada na China, principalmente como fonte de alimento e vários documentos antigos fornecem variados aspectos fitotécnicos já implementados naquela época, como: solos adequados para o cultivo; épocas e métodos de plantio; cultivares específicas para diferentes condições e usos; épocas de maturação e colheita; estratégias de armazenamento, entre outros (Morse, 1950; Dong et al. 2004; Lee et al. 2008; Lee et al. 2011).

O centro de origem da soja não é certamente conhecido. Existe discordância entre os autores, porém todos indicam que a espécie é originária do leste asiático. O local mais aceito é a área central da China, as margens do rio Yangtse. Quanto ao centro da domesticação, conclui que ela foi domesticada na metade norte da China, por volta do século XI A.C. Posteriormente, no período entre os séculos XI A.C. e III D.C, foi inserida nas civilizações da Coreia e Japão, onde posteriormente foi espalhada para os outros continentes (Morse, 1950; Hymowitz, 1970; Probst & Judd, 1973; Dong et al. 2004; Lee et al. 2008; Lee et al. 2011).

3.1.2 Importância econômica e social

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma das culturas mais relevantes na economia mundial e também brasileira. Os grãos são amplamente utilizados na agroindústria (produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal), indústria química e também de alimentos não processados. Recentemente, vem crescendo também o uso como fonte alternativa de biocombustível. Pela sua importância, a soja é uma cultura bastante difundida, responsável por alavancar o PIB do país, em conjunto com as demais cadeias do agronegócio (Neto & Rossi, 2000; Tecnologias, 2020).

Simultaneamente com a importância econômica, a soja desempenha papel fundamental na sociedade, empregando milhares de pessoas ligadas direta ou indiretamente ao cultivo, o que acaba gerando contribuição para a economia local e regional, possibilitando o desenvolvimento do país. Estima-se que a cadeia produtiva da soja reúna no Brasil mais de 243 mil produtores e um mercado de 1,4 milhões de empregos (Tecnologias, 2020; Aprosoja Brasil, 2020).

3.1.3 Problemas fitossanitários

Os problemas fitossanitários da soja podem reduzir drasticamente a produtividade. Os insetos, aracnídeos, ervas daninhas e patógenos são os principais agentes biológicos que causam estresses e danos na cultura. Isoladamente ou em associação, podem causar até 100% de perdas na produção dos grãos, dependendo da intensidade do ataque ou infecção e do estágio fenológico em que a planta se encontra (Henning et al. 2005).

3.1.4 Doenças Ocorrentes

Entre os fatores que impedem que a soja atinja todo o seu potencial produtivo, estão as doenças, existindo por volta de 50 patógenos ocorrentes e catalogados para a cultura da soja no Brasil (Yorinori, 2002). Os fitopatógenos, dentre eles fungos, oomicetos, nematoides, vírus, bactérias e fitoplasmas podem afetar a cultura desde a emergência ao final do enchimento de grãos. A importância econômica de cada doença varia de acordo com o ano e região, sendo altamente dependente das condições climáticas de cada safra. As perdas anuais de produção por doenças são estimadas em 15% a 20%; entretanto, algumas doenças podem ocasionar perdas de até 100% (Yorinori, 2002; Tecnologias, 2020).

Atualmente, as principais doenças que estão ocorrendo e causando perdas produtivas no cenário da soja brasileira são: cretamento foliar de cercospora (*Cercospora kikuchii*), mancha-parda/septoriose (*Septoria glycines*), mancha-alvo (*Corynespora asiicola*), ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), antracnose (*Colletotrichum truncatum*), mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), podridão de carvão (*Macrophomina phaseolina*), nematoide das galhas (*Meloidogyne incognita* e *M. javanica*), nematoide dos cistos (*Heterodera glycines*), nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*), entre outros (Tabela 1).

Tabela 1. Doenças ocorrentes na cultura da soja. Adaptado: Tecnologias de Produção de Soja (2013).

Doença	Agente Causal
Crestamento foliar	<i>Cercospora kikuchii</i>
Mancha-olho-de-rã	<i>Cercospora sojina</i>
Septoriose/Mancha-parda	<i>Septoria glycines</i>
Ferrugem americana	<i>Phakopsora meibomiae</i>
Ferrugem asiática	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>
Mancha-alvo	<i>Corynespora casicola</i>
Mancha de levedura	<i>Nematospora corily</i>
Oídio	<i>Microsphaera diffusa</i>
Míldio	<i>Peronospora manshurica</i>
Mancha de alternaria	<i>Alternaria sp.</i>
Mancha foliar de Ascochyta	<i>Ascochyta sojae</i>
Mancha foliar de Phyllosticta	<i>Phyllosticta sojicola</i>
Mancha foliar de Mirotécio	<i>Myrothecium rodidum</i>
Antracnose	<i>Colletotrichum truncatum</i>
Seca da haste e vagem	<i>Phomopsis spp.</i>
Cancro da haste	<i>Diaporthe phaseolorum var. sojae</i>
Podridão vermelha das raízes/Síndrome da morte súbita - PVR/SDS	<i>Fusarium spp.</i>
Mela ou requeima da soja	<i>Rhizoctonia solani</i> AG1
Mofo branco	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
Podridão do carvão da raiz	<i>Macrophomina phaseolina</i>
Podridão parda da haste	<i>Cadophora gregata</i>
Podridão radicular de Phytophthora	<i>Phytophthora sojae</i>
Podridão radicular de Cylindrocladium	<i>Cylindrocladium clavatum</i>
Tombamento e murcha de Sclerotium	<i>Sclerotium rolfsii</i>
Tombamento de Rhizoctonia	<i>Rhizoctonia solani</i>
Crestamento bacteriano	<i>Pseudomonas savastoni</i> pv. <i>glycinea</i>
Pústula bacteriana	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>glycines</i>
Fogo selvagem	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tabaci</i>
Mancha bacteriana marrom	<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i> pv. <i>flaccumfaciens</i>
Mosaico comum da soja	<i>Soybean mosaic virus</i> - VMCS
Queima do Broto	<i>Tabacco streak virus</i> – TSV
Mosaico do cálice	<i>Alfafa mosaic virus</i> – AMV
Necrose da haste	<i>Cowpea mild mottle virus</i> - CPMMV
<i>Nematoide das galhas</i>	<i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>M. javanica</i> ; <i>M. arenaria</i>
Nematoide dos cistos	<i>Heterodera glycines</i>
Nematoide das lesões radiculares	<i>Pratylenchus brachyurus</i>
Nematoide reniforme	<i>Rotylenchus reniformis</i>

3.2 Ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*)

3.2.1 Importância e Danos

A ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow, é um patógeno interferente no processo fotossintético e altamente agressivo. A infecção causada por *P. pachyrhizi* possui grande potencial de danos à planta, causando amarelecimento e queda prematura de folhas, que por sua vez gera antecipação do ciclo e prejuízo ao pleno enchimento dos grãos (Figura 10). Desde o ano de 2001, as epidemias da ferrugem asiática (FAS) têm sido relatadas em várias regiões sojícolas do Brasil. Na safra 2001/2002, os cultivos mais atacados apresentaram queda na produtividade de até 80% (Reunião, 2002).

Atualmente, a doença é uma ameaça constante para os sojicultores, principalmente aos que plantam tardiamente, pois devido a grande variabilidade genética do patógeno, determinadas populações estão cada vez mais resistentes aos fungicidas presentes no mercado, trazendo preocupação aos produtores e pesquisadores. Entretanto, a busca por novas estratégias integradas deve ser realizada constantemente, a fim de assegurar uma adequada fitossanidade, rendimento produtivo e retorno financeiro aos envolvidos com a cultura (Xavier et al. 2015)

3.2.2 Etiologia

Os fungos basidiomicetos *Phakopsora pachyrhizi* e *Phakopsora meibomiaae* causam ferrugens em plantas de soja, respectivamente a ferrugem asiática e americana. O *Phakopsora pachyrhizi* originou-se na Ásia-Austrália, enquanto o *P. meibomiaae*, o qual é menos agressivo, tem o centro de origem na América Latina (Goellner et al. 2010).

O agente causal da ferrugem asiática foi registrado pela primeira vez em 1902 no Japão, pelo pesquisador Hennings, e na época foi nomeado como *Uredo sojae* Henn (Hennings, 1903). Em 1914, Hans & Paul Sydow descreveram o fungo sob o seu nome atual, *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. Curiosamente, a nomenclatura foi baseada em um isolado obtido da planta hospedeira *Pachyrhizus erosus* (L.) Urb. (= *Pachyrhizus angulatus*) em Taiwan (Sydow e Sydow, 1914).

3.2.3 Círculo de hospedeiras

Em comparação com fungos causadores de ferrugens em gramíneas (*Poaceae*), que são caracterizados por serem intimamente especializados na interação planta-patógeno, o *Phakopsora pachyrhizi* e *P. meibomiae* possuem um amplo círculo de hospedeiras, sendo capazes de esporular em 31 espécies/7 gêneros e 42 espécies/19 gêneros de plantas leguminosas, respectivamente (Ono et al. 1992; Reis et al., 2016). A ferrugem asiática e americana podem ocorrer concomitantemente, porém a sobreposição de infecção só foi encontrada nas leguminosas *Crotalaria micans*, *Glycine max*, *Phaseolus erosus*, *Phaseolus lunatus* e *Vigna unguiculata* (Ono et al. 1992; Rupe & Sconyers, 2008).

Além das hospedeiras relatadas sendo infectadas naturalmente (condições de campo), as duas espécies são capazes de infectar e esporular em diversas outras plantas, quando inoculadas artificialmente. Nesse aspecto, *P. pachyrhizi* tem uma gama mais ampla de hospedeiras (60 espécies em 26 gêneros) do que *P. meibomiae* (18 espécies em 12 gêneros). No entanto, dependendo da espécie vegetal, foram observadas diferenças no intervalo de tempo necessário para ocorrer o ciclo completo do fungo (formação de uredínias e esporulação), comprovando menor grau de compatibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* nas hospedeiras alternativas do que com a hospedeira soja (Ono et al., 1992; Rupe & Sconyers, 2008).

Tabela 2. Plantas hospedeiras do fungo *Phakopsora pachyrhizi*. Relatos de infecções ocorrendo em campo e em casa de vegetação. Adaptado: Kent Smith, USDA/ARS; Rupe & Sconyers, 2008).

Nome comum	Nome científico
Alcaçuz-selvagem	<i>Astragalus cicer</i> , <i>A. glycyphyllos</i>
Alfafa	<i>Medicago</i> spp.
Calopogônio	<i>Calopogonium mucunoides</i>
Cornichão	<i>Lotus</i> spp.
Crownvetch	<i>Securigera varia</i>
Ervilha	<i>Pisum sativum</i>
Ervilhaça-peluda	<i>Vicia villosa</i> subsp. <i>varia</i>
Fava	<i>Vicia faba</i>
Feijão-alado, Feijão-de-asa	<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>
Feijão-broto	<i>Vigna radiata</i>
Feijão-comum	<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>vulgaris</i>
Feijão-da-espanha, Feijão-trepador, Feijão-flor	<i>Phaseolus coccineus</i>
Feijão-de-lima	<i>Phaseolus lunatus</i> var. <i>lunatus</i>
Feijão-espada	<i>Canavalia gladiata</i>
Feijão-fradinho, Feijão-caupi, Feijão-macassa, Feijão-de-corda, Feijão-miúdo Caupi	<i>Vigna unguiculata</i>
Feijão-mungo, Grão-preto	<i>Vigna mungo</i>
Feno-grego	<i>Trigonella foenum-graicum</i>
Guandu, Guando, Feijão-andu	<i>Cajanus cajan</i>

Jacatupé, Ahip	<i>Pachyrhizus ahipa</i> , <i>P. erosus</i>
Kudzu	<i>Pueraria montana</i> var. <i>lobata</i>
Labe-labe, Feijão-mangalô	<i>Lablab purpureus</i>
Lespedeza	<i>Lespedeza</i> spp., <i>Kummerowia striata</i> , <i>K. stipulaceae</i>
Manduvira, Crotalária	<i>Crotalaria anagyroides</i> , <i>C. spectabilis</i>
Pega-pega, Carrapicho beijo-de-boi, Desmódio	<i>Desmodium tortuosum</i>
Sesbania	<i>Sesbania exaltata</i>
Siratro	<i>Macroptilium atropurpureum</i>
Soja	<i>Glycine max</i>
Soja-perene	<i>Neonotonia wightii</i>
Tremoço	<i>Lupinus</i> spp.
Trevo	<i>Alysicarpus vaginalis</i>
Trevo, Trevo-dourado	<i>Trifolium aureum</i>
Trevo-branco	<i>Trifolium repens</i>
Trevo-cheiroso, Trevo-doce	<i>Melilotus officinalis</i>
Trevo-encarnado	<i>Trifolium incarnatum</i>
Trevo-lapa	<i>Trifolium lappaceum</i>

3.2.4 Epidemiologia

O ciclo de vida de fungos causadores de ferrugens costumam ser complexos, envolvendo diferentes tipos de esporos e alta especialização com as hospedeiras. Porém, para *P. pachyrhizi*, predomina apenas um tipo de esporo nas infecções, onde ainda são escassas as informações relacionadas com reprodução teleomórfica (télia e teliósporos), predominando nas condições de campo, a fase anamórfica (uredínias e urediniósporos). Embora as télias e teliósporos tenham sido observados no continente asiático em várias hospedeiras, incluindo a *Glycine max*, a sua germinação nunca foi relatada de forma natural (Bromfield, 1984). No entanto, existem métodos laboratoriais para a germinação de teliósporos em condições laboratoriais (Saksirirat e Hoppe, 1991).

O *P. pachyrhizi* por ser um patógeno biotrófico, possui a fonte de inóculo inicial em plantas vivas de soja. Atualmente, o inóculo inicialmente se concentra em plantas voluntárias na entressafra e também em cultivos de outros países, como o Paraguai, onde os urediniósporos podem ser dispersos por aproximadamente 500 quilômetros/semana. Após a disseminação e deposição na lâmina foliar, os esporos germinam com um único tubo germinativo, sendo interferidos por condições ótimas de germinação, como molhamento foliar variando de 6 a 12 horas e temperatura na faixa de 18 a 25 °C. Para a germinação, outro fator determinante é a iluminação unilateral, levando à emergência do tubo germinativo no lado sombreado e ao crescimento no lado contrário a luz, representando determinada fotosensibilidade do tubo germinativo (Koch e Hoppe, 1987). Posteriormente, o crescimento

do tubo germinativo é encerrado e é iniciado a formação de um apressório globoso e não ornamentado (aproximadamente do mesmo tamanho do urediniósporo) e assim se inicia a penetração (Koch e Hoppe, 1988).

Em comparação com as infecções de outros fungos da ferrugem, *P. pachyrhizi* penetra diretamente nas folhas ao invés de penetrarem via estômatos. A penetração inicia com a formação de uma estrutura em forma de funil, denominada cone apressório, dentro do apressório (Koch et al., 1983). Na penetração, através do apressório, as hifas de penetração colapsam as células epidérmicas através de enzimas específicas, gerando desorganização e morte celular (Keogh et al., 1980; Bromfield, 1984).

Após a penetração, a hifa desenvolve através da célula epidérmica e atinge o espaço intercelular, formando um septo que a separa da hifa emergente (Koch et al., 1983). Posteriormente, a hifa primária se ramifica para formar hifas secundárias e finalmente, as células do haustório do fungo são formadas e entram em contato com as células do mesófilo (parênquima lacunoso e paliçádico) (Koch et al., 1983). A formação dos primeiros haustórios é observada de 24 a 48 horas após o adesão dos urediniósporos na hospedeira. Posteriormente, ocorre intensa colonização do mesófilo e os espaços intercelulares das folhas ficam preenchidos com micélio e posteriormente ao desenvolvimento, a reprodução se inicia com a formação das uredínias (Bromfield, 1984).

As uredínias de *Phakopsora pachyrhizi* tem sua formação de 5 a 8 dias após a penetração. Devido ao rápido desenvolvimento do *P. pachyrhizi* e alta capacidade de produção de urediniósporos, múltiplos ciclos do patógeno ocorrem ao longo do ciclo da soja, caracterizando uma doença policíclica. Essa característica gera uma grande disseminação de esporos e servem de inóculo inicial para extensas áreas de cultivo, podendo ocasionar possíveis epidemias (Keogh et al., 1980; Bromfield, 1984).

3.2.5 Sintomatologia

Os sintomas iniciais da FAS são lesões de tamanho diminuto, que podem variar de coloração marrom-castanha a marrom-avermelhada, geralmente sendo apresentadas nas faces abaxiais das folhas (Bromfield, 1984; Sconyers et al. 2006; Reis et al. 2016). As lesões marrom-castanho costumam ter muitas uredínias e produzirem um grande número de urediniósporos. Já as lesões marrom-avermelhadas apresentam uma reação de resistência, com a formação de poucas uredínias, que conseqüentemente produzem poucos

urediniósporos. Em condições de campo, as pústulas geralmente aparecem primeiramente no terço inferior do dossel da planta, principalmente durante e após a floração (a partir de R1 - primeira inflorescência). Curiosamente, plântulas também podem ser infectadas, já sendo relatadas lesões em cotilédones (VC - vegetativo cotiledonar) (Sconyers et al. 2006; Reis et al. 2016).

Geralmente, as primeiras lesões aparecem na base da lâmina abaxial, próximas ao pecíolo e nervura central da folha. Essa região foliar costuma reter mais umidade por um tempo mais longo, proporcionando condições mais favoráveis à infecção inicial. As lesões permanecem pequenas (2-5 mm de diâmetro), porém crescem em quantidade com o progresso da doença (Hernandéz, 2004). Com o avanço do tempo, as lesões com maior maturidade podem ser facilmente vistas a olho nu, especialmente durante a intensa esporulação. Cada lesão possui grande quantidade de uredínias, que por sua vez estão liberando uma intensa quantidade de urediniósporos (Sconyers et al. 2006; Hernandéz, 2004).

À medida que mais lesões vão acumulando nos trifólios, ocorre o amarelecimento foliar generalizado, onde há intensa queda foliar. A queda prematura de folhas é ocasionada principalmente pela grande área fotossintetizante interferida e consequente desbalanceamento de fitohormônios, como o ácido abscísico. Apesar da FAS iniciar nas folhas mais baixas do dossel, a doença rapidamente progride para as folhas mais altas, até que todo o tecido foliar apresente incidência e sintomas da doença, aumentando drasticamente a severidade da doença. Dessa forma, muitas plantas infectadas podem ser desfolhadas completamente e antecipadamente pela atuação do patógeno (Miles et al. 2003; Reis et al. 2016).

A perda drástica de tecidos foliares resulta na redução da produtividade, com prejuízo no tamanho e quantidade de grãos, interferindo no enchimento e qualidade final do produto. Existem relatos 30 a 90% de perdas na produtividade, porém a intensidade de danos depende de vários fatores, tais como: exposição da planta ao inóculo, métodos de controle e progresso da doença (Miles et al. 2003; Hernandéz, 2004; Dunphy et al. 2006).

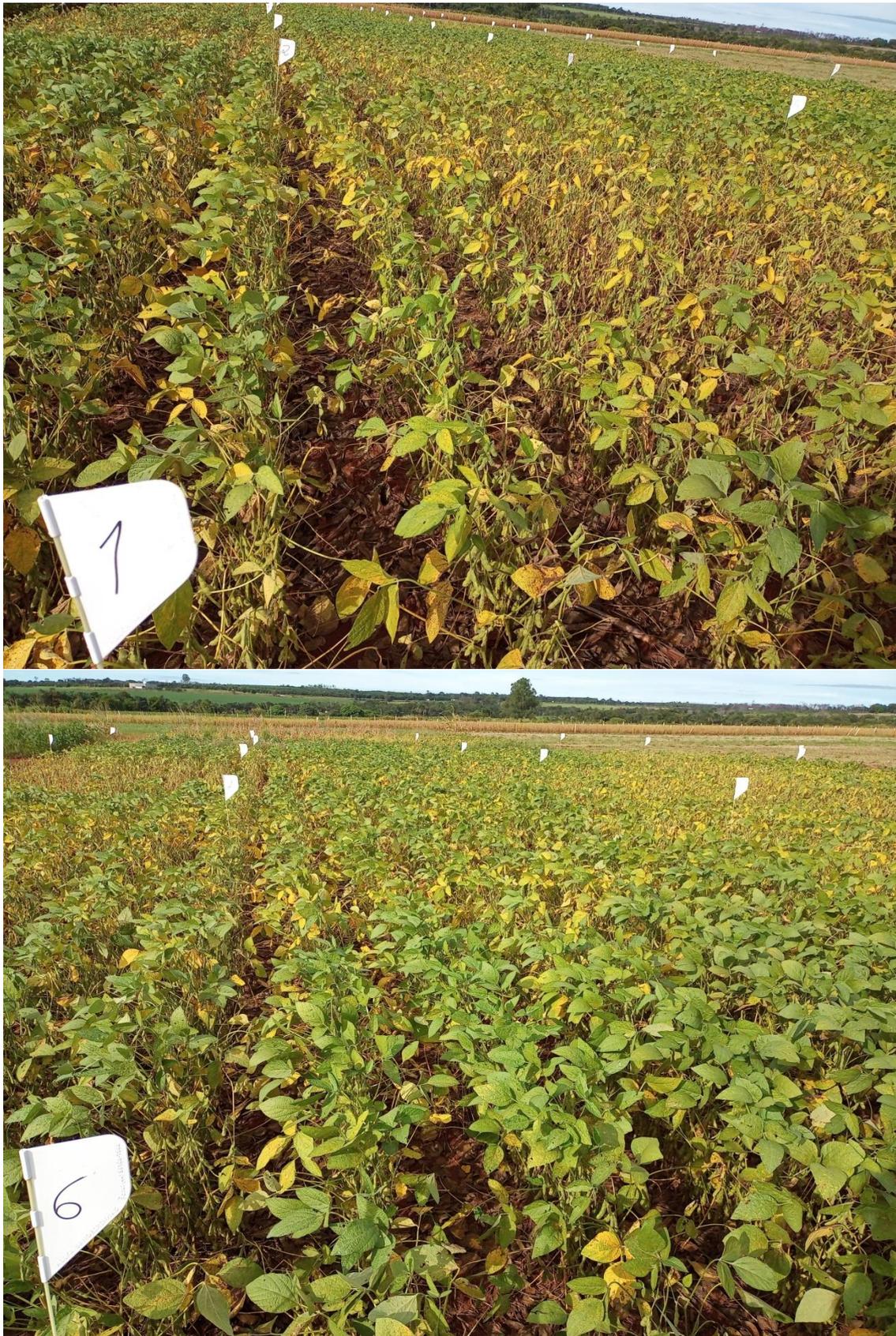


Figura 1. Sintomas de amarelecimento foliar e desfolha antecipada, comprometendo o enchimento de grãos. Comparativo entre o tratamento 1 (testemunha) e tratamento 6 [Fox Xpro (30, 45 e 60 DAE) + Unizeb Gold (45 e 60 DAE)]. Cultivar BMX Foco®, época 1 (safra 2021/22).

3.2.6 Controle Químico

A utilização de fungicidas químicos permanece sendo a estratégia mais eficaz para controlar a ferrugem asiática. No Brasil comumente são necessárias pelo menos três aplicações para o controle da FAS e outras doenças ocorrentes, como a mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*), cercosporiose (*Cercospora kikuchii*) e septoriose (*Septoria glycines*). Considerando valores mundiais, as aplicações elevam o custo em aproximadamente US\$ 2 bilhões anuais (Godoy et al., 2015).

Atualmente, o controle químico é baseado na utilização de fungicidas sítio-específicos associados à multissítios, que são produtos distintos e se complementam quanto à eficiência e pontos metabólicos de atuação, variando desde a síntese de ergosterol (parede celular, membranas) a respiração celular (mitocôndria) do fungo. Entre os mecanismos de ação pertencentes aos sítio-específicos, destacam-se os inibidores da desmetilação (IDM, “triazóis”), inibidores da quinona externa (IQe, “estrobilurinas”) e os inibidores da enzima succinato desidrogenase (ISDH, “carboxamidas”) (Godoy et al. 2020).

Os triazóis, pertencentes ao grupo dos “Inibidores da Desmetilação” (IDM), agem inibindo a produção de ergosterol, um hormônio estrutural da membrana plasmática do fungo (Mueller, 2006). Os IDM’s ocasionam a desmetilação (eliminação do grupo metilo) do carbono na posição 14 (C14) na enzima esterol C14-desmetilase (CYP51), gerando bloqueio na conversão final de lanosterol em ergosterol. Quanto à ação e mobilidade na planta, os triazóis são fungicidas curativos sistêmicos, absorvidos e translocados pela planta de forma acropetal (via-xilema), possuindo rápida penetração e translocação nos tecidos vegetais. (Forcelini, 1994; Ehr e Kemmitt, 2002).

As estrobilurinas, pertencentes a classe dos “Inibidores da Quinona Externa” (IQe), são fungicidas mesostêmicos (penetração dupla face foliar) e agem inibindo a respiração mitocondrial, bloqueando a transferência de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c1, no sítio Qe/quinona externa (complexo III da mitocôndria). Quanto a atuação na infecção, são fungicidas preventivos, inibindo a germinação dos urediniosporos, com pequena ação curativa (Venancio et al., 1999; Schmitz et al., 2014).

As carboxamidas, pertencentes à classe dos “Inibidores da Succinato Desidrogenase” (ISDH’s), são fungicidas que, assim como os IQe’s, atuantes na respiração do fungo, contudo

em sítio diferente. Os fungicidas inibidores da succinato-desidrogenase (ISDH's) atuam na fosforilação da cadeia respiratória, inibindo a ligação de ubiquinona no complexo II e interrompendo o transporte de elétrons, atuando a partir da fosforilação oxidativa (Avenot & Michailides, 2010; Xiong et al., 2015).

Em relação aos fungicidas multissítios, comumente vem sendo utilizados os cúpricos (oxicloreto de cobre, óxido cuproso), isoftalonitrila (clorotalonil) e ditiocarbamato (mancozebe). Os multissítios atuam por meio de diferentes modos de ação, tais como a inativação de grupos sulfidrílicos (-SH) em aminoácidos e enzimas da célula fúngica, resultando na desorganização do metabolismo de lipídios, processo respiratório e produção de ATP (Reis et al., 2016). Ademais, com a ação em vários locais metabólicos do fungo, os multissítios proporcionam elevada redução na severidade da FAS e é uma ferramenta valiosa no manejo de populações do patógeno com resistência aos DMI's, IQe's e ISDH's (Reis et al. 2016; Madalosso et al., 2017).

3.2.7 Resistência fúngica

Os patógenos causadores de doenças policíclicas, como o *P. pachyrhizi*, possuem alta probabilidade de adquirir resistência a fungicidas ao longo das safras, pois possuem alta capacidade de esporulação e grande variabilidade genética (Bradley, 2007). Atualmente, a utilização excessiva de fungicidas atuantes em apenas um sítio do fungo (fungicidas específicos) aumenta significativamente o surgimento da pressão de seleção de strains (linhagens) mutantes e resistentes do fungo, aos mecanismos de ação dos fungicidas específicos. Em um passado recente, em meados dos anos 2000, isso ocorreu para os fungicidas da classe dos triazóis/DMI's, onde *P. pachyrhizi* apresentou sensibilidade reduzida (Godoy, 2012).

Os DMI's foram os primeiros fungicidas a apresentarem decréscimo no controle da FAS. Curiosamente, a eficiência no controle da ferrugem pelo princípio ativo tebuconazol foi de 90 e 91% na safra 2003/05 a apenas 24% em 2009/10 (Godoy et al. 2013). A insensibilidade do fungo aos triazóis é causada por mutações pontuais no gene *cyp51* (troca de aminoácidos nos códons F120L, H131F, 142, I145F e I475T), gerando uma superexpressão na produção do éster ergosterol, o que acaba diminuindo a eficiência do fungicida, devido ao sítio-alvo do fungicida estar sendo superexpresso (Schmitz et al. 2014).

Posteriormente, na safra 2013/14 foram observados os primeiros casos de resistência envolvendo as estrobilurinas/IQe's. A resistência aos IQes está normalmente associada a mutações em três posições genômicas principais no citocromo b (CYTB): substituição de uma glicina por uma alanina na posição 143 (F143G), fenilalanina por leucina na posição 129 (F129L) e glicina por arginina na posição 137 (G137R). As mutações geram uma superexpressão da proteína alvo dos fungicidas, a citocromo bc1-ubiquinol oxidase, que acaba diminuindo a eficiência dos fungicidas inibidores da quinona externa (Sierotzki & Scalliet, 2013; Klosowski et al., 2015; Leiminger et al., 2014; Klosowski et al. 2016b).

Em 2015/16, algumas populações coletadas de *P. pachyrhizi* apresentaram baixa sensibilidade às carboxamidas/ISDH's, evidenciando uma mutação pontual na subunidade C do gene SDH. A mutação resultou em uma substituição do aminoácido isoleucina (I) por fenilalanina (F) na posição 86 (SDHC-I86F). A mutação SDHC-I86F é atualmente o mecanismo de resistência prevalente e a principal causadora nas alterações de sensibilidade fúngica relatadas no campo. No entanto, outras mutações, como SDHC-N88S/D, SDHC-H154R e SDHC-G92R também foram identificadas, porém em baixa frequência desde o início da resistência do *P. pachyrhizi* aos ISDH's (FRAC, 2017; Simões et al. 2018).

Com a presença de populações resistentes de *P. pachyrhizi*, a associação de fungicidas multissítios aos sítio-específico vem sendo uma importante ferramenta para o manejo da sensibilidade fúngica, com potencial para manutenção da vida útil dos princípios ativos com alto risco de resistência. Portanto, misturas que combinam um fungicida com alto risco de resistência (DMI, IQe e ISDH) com um fungicida de baixo risco (mancozebe, cúpricos e clorotalonil), aliados com aplicações calendarizadas, fazem total diferença na situação atual e manutenção de eficiência no controle da FAS no Brasil (Carregal et al. 2015).

3.2.8 Controle biológico

Os conceitos empregados para o controle biológico de doenças de plantas são variáveis, porém uma das afirmações mais aceitas é a dos pesquisadores Cook e Baker, onde definiram de forma ampla e simplificada: “o biocontrole de patógenos é a redução da densidade do inóculo em seu estado ativo ou dormente, ou das atividades determinantes de doenças, através de um ou mais organismos agentes, realizado naturalmente ou através da manipulação ambiental, hospedeiro, ou pela introdução massal de um ou mais agentes

antagonistas” (Cook & Baker, 1983). Baseado nesse conceito, as práticas que consistem na manipulação do ambiente em prol de organismos benéficos, que auxiliam no equilíbrio ecológico entre patógenos e seus antagonistas, são consideradas estratégias de controle biológico (Fontes et al. 2020).

Entre os agentes de biocontrole (ABC’s), estão os microrganismos de vida livre (saprofíticos), os colonizadores de superfícies vegetais e os colonizadores de tecidos internos das plantas (microrganismos endofíticos). Eles são representantes de diversos táxons, principalmente os fungos (reino Fungi), oomicetos (reino Chromista) e bactérias. Entretanto, os agentes de controle biológico possuem morfologia, ecologia, ciclo de vida e sobrevivência variadas, influenciando nas estratégias de aplicação (Fontes et al. 2020).

O biocontrole da ferrugem asiática ainda carece de estudos aprofundados. No entanto, Ward et al. (2012) verificaram que *Simplicillium lanosoniveum* reduziu em quatro vezes o número de uredínias nas folhas de soja e aumentou o número de lesões marrom-avermelhadas (RB) em comparação com as lesões TAN, evidenciando menor esporulação e germinação de urediniósporos. Consequentemente, a redução da severidade da FAS na presença de *S. lanosoniveum* foi observada em condições de campo (Ward et al. 2012).

Outros possíveis ABC’s são os fungos hiperparasitas *Verticillium psalliotae* e *Trichothecium roseum*, que têm sido discutidos como potenciais agentes de biocontrole da FAS, apresentando eficiência no controle de ferrugens em outras culturas, como: ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), ferrugem do feijoeiro (*Uromyces appendiculatus*), ferrugem do gerânio (*Puccinia pelargonii-zonalis*) e ferrugem linear do trigo (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) (Saksirirat e Hoppe, 1991; Bettiol, 1992; Sangit e Jha, 2002). Além do *V. psalliotae* e *T. roseum*, outros organismos já foram utilizados experimentalmente no controle da doença, a exemplos: *Gliocladium roseum*, *Penicillium thomii*, *Darluca filum*, *Tuberculina vinosa* e *Verticillium lecanii* (Blakeman e Fokkema, 1982).

Dentre os microrganismos já estudados no controle da FAS, os *Bacillus* spp. que são amplamente utilizados no controle biológico de outras doenças, vem sendo um dos organismos mais promissores, devido aos variados mecanismos de ação do agente. Existem relatos de suspensões celulares de *Bacillus subtilis* (strains AP-3 e AP-150) inibindo a germinação de urediniósporos de *H. vastatrix*, gerando redução de 72 a 87% na quantidade de lesões (Bettiol e Várzea, 1992; Jacobsen et al. 2004; Peng et al. 2014; Fendrihan et al. 2016). Atualmente, a bactéria já tem sido empregada no controle da FAS, com o fungicida comercial

Bio-Imune® (*Bacillus subtilis* linhagem BV02), sendo denominado o primeiro biofungicida multissítio do mercado, por justamente ser atuante em mais de um sítio do *P. pachyrhizi* e além de possuir mecanismos de ação variados (Grupo Vittia, 2022)

Outro fungicida biológico atual do mercado é o Romeo SC® (Cerevisane LAS 117 strain LAS-117), o qual é obtido a partir da produção de metabólitos secundários da levedura LAS-117, onde o composto produzido cerevisane LAS 117 é responsável na atuação como indutor de defesa da planta, ativando rotas metabólicas e dessa forma produzindo componentes bioquímicos de defesa pré e pós-formado (Ihara, 2022).

Além dos agentes de biocontrole, outros produtos alternativos, como óleos vegetais contendo metabólitos secundários (terpenóides, flavonóides, compostos fenólicos) podem ser utilizados no controle preventivo da FAS. Existem relatos do uso de óleos essenciais de café (*Coffea* sp.), tomilho (*Thymus vulgaris*), eucalipto (*Eucalyptus* sp.), citrus (*Citrus limon*, *C. sinensis*), citronela (*Cymbopogon* sp.), neem (*Azadirachta indica*) inibindo a germinação de uredinósporos de *P. pachyrhizi* e diminuindo a severidade da ferrugem asiática em condições de casa de vegetação e de campo (Medice et al. 2007; Bettiol & Várzea, 1992).

3.2.9 Controle genético

O controle químico da ferrugem asiática ainda tem sido amplamente utilizado, porém o controle genético também é uma ferramenta bastante valiosa no manejo integrado da doença. As fontes de resistência ao *P. pachyrhizi* já foram relatadas em vários acessos selvagens de soja (*Glycine max*), kudzu (*Pueraria montana var. lobata*) e outras espécies vegetais (Bromfield, 1984; Burdon & Marshal, 1981; Singh & Nelson, 2015; Jordan et al. 2019; Slaminko et al., 2008).

Geralmente, existem três classes de lesões que acometem as cultivares de soja, as lesões TAN, RB (Redish Brown) e IM (Imune), onde se diferenciam por suscetibilidade e resistência. Dentre as três, a reação TAN é a suscetível e mais encontrada nos cultivos acometidos pela FAS, resultando em lesões com coloração marrom-clara, com aproximadamente 2-5 uredínias por lesão e esporulação abundante (Bromfield, 1984).

A reação de resistência RB é caracterizada pelo desenvolvimento de lesões marrom-avermelhadas, com poucas uredínias por lesão (aproximadamente 0 a 2 uredínias) e mínima

ou nenhuma esporulação (Bromfield, 1984; Paul et al., 2015). Essa reação é considerada uma resistência incompleta, pois o patógeno tem desenvolvimento e reprodução de maneira limitada, diferenciando das lesões TAN (Miles et al., 2011). Uma terceira classe de reação de resistência raramente tem sido observada, a resposta IM não apresenta lesões macroscópicas e não possui uredínias ou produção de urediniosporos, embora uma leve descoloração possa ser microscopicamente visível ao redor do tecido infectado (Bromfield, 1984; Jordan et al., 2010; Kumudini et al., 2010; Miles et al., 2011; Paul et al., 2015).

A resistência de um único gene a *P. pachyrhizi* foi descoberta em várias introduções de plantas (PI's) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) e os genes Rpp (Resistance to *Phakopsora pachyrhizi*) foram mapeados para pelo menos sete loci distintos, onde além de diferenciarem nas localizações cromossômicas, possuem diferentes níveis de eficiência no controle genético.

O primeiro gene Rpp relatado foi o "Rpp1", o qual foi encontrado no acesso PI (Plant Introduction) 200492. O PI 200492 foi coletado em 1952, na província de Shikoku (Japão), onde mostrou resistência ao *P. pachyrhizi* em Taiwan, na década de 1960 (Cheng & Chan, 1968). Curiosamente, já foi demonstrado que o gene Rpp1 condiciona uma rara resposta IM (imune) a populações específicas de *P. pachyrhizi*. Além do Rpp1, a variação Rpp1-b foi descoberta em PI 594538A, gerando resposta RB a populações de *P. pachyrhizi* no Brasil, Paraguai, Tailândia, Zimbabué e Nigéria, porém o mesmo acesso detentor do gene possui suscetibilidade a isolados provenientes dos EUA (Chakraborty et al., 2009; Walker et al., 2011). Estudos adicionais identificaram outros acessos sendo possuidores do gene Rpp1 e Rpp1-b, como: PI 417120, PI 423958, PI 518295, PI 594177 (Japão ou Taiwan); PI 561356, PI 587880A, PI 587886, PI 587905, PI 594760B, PI 594767A PI 587855 (China) (McLean & Byth, 1980; Chakraborty et al. 2009; Harris, 2015; Yamanaka et al. 2016;).

O gene Rpp2 foi descoberto inicialmente no acesso PI 230970, onde foi mapeado na região 188,1 kb (mil pares de bases) no cromossomo 16 do acesso selvagem. A resistência conferida pelo Rpp2 possui uma maior amplitude em comparação com o gene Rpp1 (Bromfield & Hartwig, 1980; Silva et al. 2018). O gene Rpp2 condicionou uma reação de RB a muitos isolados de *P. pachyrhizi* na América do Norte, Sul e da Ásia, mas sua ação em campo se mostrou limitada, devido a esporulação ter sido significativa (Boerma et al., 2014). Além do acesso pioneiro PI 230970, os acessos PI 224270 e PI 417125 também possuem o gene Rpp2 e foram coletados do Japão (Garcia et al., 2008; Nogueira et al., 2008). O acesso

PI 224270 se evidenciou resistente a quatro isolados brasileiros de *P. pachyrhizi*, enquanto o acesso PI 230970 foi suscetível a todos os isolados testados, fornecendo evidências de que um alelo diferente pode estar envolvido e que a resistência parcial pode ter sido suplementada pela maioria das populações de *P. pachyrhizi* (Yamanaka & Hossain, 2015).

O gene Rpp3 foi descoberto no PI 462312, também com base em sua resposta RB (Redish-brown) em comparação com a reação IM condicionada por Rpp1 em alguns acessos (Hartwig & Bromfield, 1986). O Rpp3 também mostrou resistência a um maior número de isolados de *P. pachyrhizi*, em comparação com o Rpp1. Porém, juntamente com Rpp1, teve sua resistência superada por populações de *P. pachyrhizi* com alta virulência no Brasil, já em 2002 (Yorinori et al., 2005). O Rpp3 já foi encontrado em vários acessos além do PI 462312, onde mostrou dominância completa quando mapeado em PI 628932 (Brogin, 2005), dominância incompleta em PI 416764 e ação gênica recessiva em PI 567099A (Brogin, 2005; Hossain et al., 2014). Através de análise de segregação, é difundido que os alelos Rpp3 representam a fonte mais difundida e utilizada de resistência a *P. pachyrhizi* (Harris et al. 2015).

O gene Rpp4 foi descoberto em PI 459025B, na província de Fujian (China). O acesso evidenciou uma resistência RB com excelente amplitude para diversos isolados do patógeno (Hartwig, 1986; Abdel-Haleem et al., 2015). O locus foi mapeado na posição de 14,7 cM no cromossomo 18, cerca de 26 cM de distância do Rpp1 (Garcia et al., 2008; Silva et al., 2008). No entanto, mesmo com sua amplitude, foram observadas esporulações intensas nas lesões de RB, e atualmente o gene Rpp4 fornece pouca resistência em nível de campo e consequente utilidade limitada nos campos de cultivo dos EUA. No entanto, o gene Rpp4 não vem sendo descartado, onde é utilizado na piramidização com outros genes Rpp's (Boerma et al., 2014; Vuong et al., 2016).

Curiosamente, o locus Rpp5 foi descoberto simultaneamente em três PI's (PI 200456, PI 200526 e PI 200487) e na cultivar Hyuuga® no Japão, todos apresentando resposta RB a um isolado de *P. pachyrhizi* do Brasil, que já havia superado os outros genes rpp, sendo altamente virulento ao Rpp1 e Rpp3 (Garcia et al., 2008; Kendrick et al., 2011). O Rpp5 originado do acesso PI 200526 mostrou excelente resistência a populações de *P. pachyrhizi* na América do Sul, mas é completamente suscetível a isolados do fungo nos EUA (Boerma et al., 2014). Alguns autores relatam que Hyuuga®, PI 200487 e PI 471904 tem a resistência

impulsionada por um gene Rpp3 piramidizado com o Rpp5 (Garcia et al., 2008; Kendrick et al., 2011; Ray et al., 2011).

O gene Rpp6 foi descoberto no acesso PI 567102B, o qual foi coletado na província East Java (Indonésia). O Rpp6 foi mapeado na posição de 23,7 cM (4 Mb) no cromossomo 18, aproximadamente a 40 cM de distância do Rpp4 (Li et al., 2012). O Rpp6 já mostrou excelente resistência a *P. pachyrhizi* nos EUA e também resistência menos acentuada a algumas populações de *Phakposora meiobimae*. No entanto, o Rpp6 é um dos genes menos utilizados nos materiais de soja atualmente (Miles et al., 2008; Boerma et al., 2014).

Por fim, o gene Rpp7 foi o último gene “resistance to *Phakopsora pachyrhizi*” descoberto, sendo encontrado no acesso PI 605823, através de sua resistência ao isolado GA12, coletado no estado americano da Geórgia, em 2012. Este gene de resistência foi mapeado na região 0,8 cM (154 kb) no cromossomo 19 (Childs et al. 2018). O acesso PI 605823 demonstrou condicionar a resistência de RB a *P. pachyrhizi* nos EUA, Colômbia, Paraguai e Austrália. O gene Rpp7 evidenciou excelente resistência em experimentações a campo nos EUA, semelhante ao nível de resistência condicionado por Rpp1 e Rpp6 (Boerma et al., 2014).

Conforme relatado, os genes Rpp's, provenientes de acessos de soja selvagem são os mais comuns e trabalhados na engenharia genética objetivando a resistência ao *P. pachyrhizi*, porém recentemente foi mapeado o gene CcRpp1 em acessos de feijão guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.], conferindo resistência do tipo RB (Redish-brown). As linhas homozigotas contendo o gene CcRpp1 demonstraram níveis consideráveis de resistência, reduzindo de 60 a 71% na contagem de lesões por cm². As plantas de soja convencionais, continham lesões de cor castanha (denominadas TAN) e alta esporulação, típica de uma reação suscetível a *P. pachyrhizi* (Kawashima et al., 2016).

Tabela 3. Genes de resistência de soja selvagem ao fungo *Phakopsora pachyrhizi*, posições genômicas, fontes de resistência (acessos vegetais) e referências. Adaptado, Childs et al. 2018.

Gene	Cromossomo	Fonte	Referências
Rpp1/Rpp1-b	18	PI 200492	Chakraborty et al. (2009); Garcia et al. (2011); Hossain et al. (2014); Hyten et al. (2007); Kim et al. (2012); McLean and Byth (1980); Ray et al. (2009); Rocha et al. (2015); Yamanaka, Morishita et al. (2015); Yamanaka et al. (2016)
		PI 594538	
		PI 587886	
		PI 587880	
		PI 594760B	
		PI 561356	
		PI 594767	
		PI 587905	
Rpp2	16	PI 230970	Bromfield and Hartwig (1980); Calvo et al. (2008); Garcia et al. (2008); Hartwig and Bromfield (1983); Nogueira et al. (2008); Silva et al. (2008); Yu et al. (2015)
		PI 224270	
		PI 417125	
Rpp3	6	PI 462312	Brogin (2005); Hartwig and Bromfield (1983); Hossain et al. (2014); Hyten et al. (2009); Kendrick et al. (2011); Monteros et al. (2007); Ray et al. (2011)
		PI 506764b	
		PI 628932	
		PI 567099A	
Rpp4	18	PI 416764	Garcia et al. (2008); Hartwig (1986); King et al. (2017); Meyer et al. (2009); Silva et al. (2008)
		PI 459025B	
		PI 423972	

		PI 200526	
		PI 200456	
Rpp5	3	PI 200487	Calvo et al. (2008); Garcia et al. (2008); Kendrick et al. (2011)
		PI 471904	
		PI 506764b	
		PI 567102B	
Rpp6	18	PI 567068A	King et al. (2015); Li et al. (2012); Liu et al. (2016)
		PI 567104B	
Rpp7	19	PI 605823	Childs et al. (2018)



Figura 2. Contraste das lesões TAN e RB (Redish-brown) das cultivares Brasmax FOCO® (suscetível) e TMG 7063 INOX® (detentora de genes Rpp - resistance to *Phakopsora pachyrhizi*). **Créditos de imagem: Baldo & Carregal, 2022.**

LITERATURA CITADA

APROSOJA BRASIL. 2019. SOJA BRASILEIRA: HISTÓRIA E PERSPECTIVAS. Associação Brasileira dos Produtores de Soja, 2020. Disponível em: < <https://aprosojabrasil.com.br/comunicacao/blog/2020/08/27/brazilian-soybean-exports/> >, acesso em: 23/06/2022.

AVENOT, H. F.; MICHAILIDES, T. J. 2010. Progress in understanding molecular mechanisms and evolution of resistance to succinate dehydrogenase inhibiting (SDHI) fungicides in phytopathogenic fungi. *Crop protection*, v. 29, n. 7, p. 643-651.

AVRDC. 1992. Annotated bibliography of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow). Library Bibliography series 4-1, Shanhua, Taiwan: Tropical Vegetable Information Service, Asian Vegetable Research and Development Center.

BARBOSA,G.F.,DACRUZCENTURION,M.A.P.,MARIN,B.T.,ANDBARBOSA,G.F. 2013. Effect of reduced fungicide doses on control of soybean Soybean Rust and bean yield.*Interciencia*38,347–352.

BARTLETT, D. W. et al. 2001. Understanding the strobilurin fungicides. *Pesticide Outlook*, v. 12, n. 4, p. 143-148.

BETTIOL, W., AND VÁRZEA, V. M. P. 1992. Controle biológico da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) do cafeeiro com *Bacillus subtilis* em condições controladas. *Fitopatol. Bras.* 17:91-95

BLAKEMAN, J. P., AND BRODIE, I. D. S. 1977. Competition for nutrients between epiphytic microorganisms and germination of spores of plant pathogens on leaves. *Physiological Plant Pathology* 10:29-42.

BLAKEMAN, J.P. AND FOKKEMA, N.J. 1982. *Annu Rev. Phytopath.*, 20: 167-192.

- BOERMA, H. R., MONTEROS, M. J., HA, B.-K., WOOD, E. D., PHILLIPS, D. V., WALKER, D. R., & MISSAOUI, A. M. 2011. Registration of Asian soybean rust-resistant soybean germplasm G01-PR16. *Journal of Plant Registrations*, 5, 118-122
- BOERMA, H. R., MONTEROS, M. J., HA, B.-K., WOOD, E. D., PHILLIPS, D. V., WALKER, D. R., & MISSAOUI, A. M. 2011. Registration of Asian soybean rust-resistant soybean germplasm G01-PR16. *Journal of Plant Registrations*, 5, 118-122.
- BOERMA, H. R., MONTEROS, M. J., HA, B.-K., WOOD, E. D., PHILLIPS, D. V., WALKER, D. R., & MISSAOUI, A. M. 2011. Registration of Asian soybean rust-resistant soybean germplasm G01-PR16. *Journal of Plant Registrations*, 5, 118-122.
- BONDE, M.R., NESTER, S.E., AUSTIN, C.N., STONE, C.L., FREDERICK, R.D., HARTMAN, G.L. AND MILES, M.R. 2006. Evaluation of virulence of *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomia*e isolates. *Plant Dis.* 90, 708– 716.
- BRADLEY, C. A. 2007. “Fungicide resistance management in soybean,” in *Using Foliar Fungicides to Manage Soybean Rust*, eds A. E. Dorrance, M. A. Draper, and D. E. Hershman (Columbus, OH: Land-Grant Universities Cooperating NCERA-208andOMAF),57–60.
- BRENT, K. J., AND HOLLOMAN, D. W. 2007. *Fungicide Resistance in Crop Pathogens: How Can It Be Managed?*Brussels: Crop Life International.
- BROGIN, R. L. 2005. Mapeamento de genes de resistencia a ferrugem e de QTLs envolvidos na resistência a septoriose em soja. Thesis, Sao Paulo, Brazil: Universidade de Sao Paulo. <https://doi.org/10.11606/T.11.2005.tde-18112005-142854>
- BROMFIELD, K. R., & HARTWIG, E. E. 1980. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. *Crop Science*, 20, 254–255.
- BROMFIELD, K.R. 1984. *Soybean Rust*. Monograph 11. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- BURDON, J. J., & MARSHAL, D. R. 1981. Inter- and intra-specific diversity in the disease-response of Glycine species to the leaf-rust fungus *Phakopsora pachyrhizi*. *Journal of Ecology*, 69, 381-390.

CAMACHO, L.H.M. Origen V características agronômicas de la soya *Glycine max* (L.) Merrill). In: INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUÁRIO, Cali. El cultivo de la soya en Colombia. Cali, 1975. p.1-12. (Compêndio 6).

CARREGAL, L H; DINIZ C, H; SILVA, CAMPOS J, R, C ; REIS, E M. 2015. Controle da ferrugem asiática da soja com mancozebe, um fungicida multissítio. Summa phytopathol. [online]. vol.41, n.1, pp.64-67.

CHAKRABORTY, N., CURLEY, J., FREDERICK, R. D., HYTEN, D. L., NELSON, R. L., HARTMAN, G. L., & DIERS, B. W. 2009. Mapping and confirmation of a new allele at Rpp1 from soybean PI 594538A conferring RB lesion-type resistance to soybean rust. Crop Science, 49, 783.

CHENG, Y. W., & CHAN, K. L. 1968. The breeding of rust resistant soybean 'Tainung 3'. Journal of Taiwan Agricultural Research, 17, 30-34.

CHILDS, S. P., KING, Z. R., WALKER, D. R., HARRIS, D. K., PEDLEY, K. F., BUCK, J. W. 2018. Discovery of a seventh Rpp soybean rust resistance locus in soybean accession PI 605823. Theoretical and Applied Genetics, 131, 27-41

CHRISTIANO, R.S.C. AND SCHERM, H. 2007. Quantitative aspects of the spread of Asian soybean rust in the southeastern United States, 2005– 2006. Phytopathology, 97, 1428–1433.

COOK, R. J.; BAKER, K. F. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogen. St. Paul: The American Phytopathological Society, 539 p.

COSTA NETO, P. R. & ROSSI, L. F. S. 2000. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. Química Nova, v.23, p. 4.

DAFFE RT, F.W. 1982. Relatório anual do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. Campinas, 26p.

DELEN, N.; TOSUN, N. 2004. Fungicidas: mecanismo de ação e resistência. Parte 2: fungicida com modo de ação específicos. Revisão Anual de Patologia de Plantas. Passo Fundo, v. 12, p, 27-90.

DONG, Y.S.; ZHAO, L.M.; LIU, B.; WANG, Z.W.; JIN, Z.O.; SUN, H. 2004. The genetic diversity of cultivated soybean grown in China. Theor. Appl. Genet., 108, 931 - 936.

DORRANCE, A.E., M.A. DRAPER, AND D.E. HERSHMAN. 2007. Using Foliar Fungicides to Manage Soybean Rust: <http://www.oardc.ohio-state.edu/SoyRust/index.htm>

DUNPHY, J., D. HOLSHOUSER, D. HOWLE, P. JOST, B. KEMERAIT, S. KOENNING, J. MUELLER, P. PHIPPS, S. RIDEOUT, L. SCONYERS, E. STROMBERG, P. WIATRAC, AND A. WOOD. 2006. Managing Soybean Rust in the MidAtlantic Region: <http://cipm.ncsu.edu/ent/SSDW/RUSTX3.pdf>

D'UTRA, G. 1882. Soja. *Jornal do Agricultor*, 4(168):185-6.

D'UTRA, G. 1899. Nova cultura experimental de soja. *Boletim do Instituto Agronômico, Campinas*, 10(9/10):582-7.

EHR, R. J.; KEMMITT, G. 2002. Periodic table of the fungicides. Indianapolis: Dow Agrosciences.

FENDRIHAN, S., CONSTANTINESCU, F., SICUIA, O. A., DINU, S. 2016. Beneficial *Bacillus* strains improve plant resistance to phytopathogens: a review. *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol.* 11:37-142.

FONTES E.M.G et al. 2020. Controle biológico de pragas da agricultura. Brasília, DF : Embrapa, 2020. 510 p.

FORCELINI, C.A. 1994. Fungicidas inibidores da síntese de esteróis. I. triazoles. *RAPP, Passo Fundo*, v.2, p.335-355.

FRAC. 2017. Fungicide Resistance Action Committee. Informação sobre carboxamidas em Ferrugem da soja. Fungicide Resistance Action Committee - BRASIL. 2017.

FREIRE, M.C.M., DE OLIVEIRA, L.O., DE ALMEIDA, A.M.R., SCHUSTER, I., MOREIRA, M.A., LIEBENBERG, M.M. AND MIENIE, C.M.S. 2008. Evolutionary history of *Phakopsora pachyrhizi* (the Asian soybean rust) in Brazil based on nucleotide sequences of the internal transcribed spacer region of the nuclear ribosomal DNA. *Genet. Mol. Biol.* 31, 920-931.

GARCIA, A., CALVO, E. S., KIIHL, R. A. D. S., HARADA, A., HIROMOTO, D. M., & VIEIRA, L. G. 2008. Molecular mapping of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) resistance genes: Discovery of a novel locus and alleles. *Theoretical and Applied Genetics*, 117, 545–553.

GODOY, C. V. 2012. “Risk and management of fungicide resistance in the Asian soybean rust fungus *Phakopsora pachyrhizi*,” in Fungicide Resistance in Crop Protection: Risk and Management, ed. T. S. Thind (Wallingford: CABI), 87–95.

GODOY, C. V. et al. 2013. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2012/13: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: 2013 (Circular Técnica, 9a) PR. 7 p.

GODOY, C. V. et al. 2020. Ferrugem-asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência. Londrina: Embrapa Soja Documentos, 428, 2020. 39 p.

GODOY, C. V., BUENO, A. F., AND GAZZIERO, D. L. P. 2015. Brazilian soybean pest management and threat stoits sustainability. *Outlooks Pest Manage* 26, 113–117. doi:10.1564/v26_jun_06

GOELLNER K, LOEHRER M, LANGENBACH C, CONRATH U, KOCH E, SCHAFFRATH U. 2010. *Phakopsora pachyrhizi*, the causal agent of Asian soybean rust, *Molecular Plant Pathology* (2010) 11(2), 169-177

GRASSO, V., PALERMO, S., SIEROTZKI, H., GARIBALDI, A., GISI, U. 2006. Cytochrome b gene structure and consequences for resistance to Qo inhibitor fungicides in plant pathogens. *Pest Manag. Sci.* 62, 465–472

GRUPO VITTIA. 2022. Bio-Imune (*Bacillus subtilis* linhagem BV02), o primeiro fungicida microbiológico multissítio <https://vittia.com.br/produto/bio-imune/> Acesso em 07/07/2022.

HARRIS, D. K., ABDEL-HALEEM, H., BUCK, J. W., PHILLIPS, D. V., LI, Z., BOERMA, H. R. 2015. Soybean quantitative trait loci conditioning soybean rust-induced canopy damage. *Crop Science*, 55, 2589–2597

HARTMAN, G. L., MILES, M. R., & FREDERICK, R. D. 2005. Breeding for resistance to soybean rust. *Plant Disease*, 89, 664–666.

HARTMAN, G. L.; HAUDENSHIELD, J. S. 2009. Movement of *Phakopsora pachyrhizi* (soybean rust) spores by non-conventional means. *Eur. J. Plant Pathol.* 123, 225–228.

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

- HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J.
- HENNING, A.A. et al. 2005. Manual de identificação de doenças da soja. Londrina: Embrapa Soja, Documentos 256, 72p.
- HENNINGS, P. 1903. Einige neue japanische Uredinales (in German). Hedwigia, IV (Suppl.), 107–108.
- HERNÁNDEZ, J.R. 2004. Systematic Botany & Mycology Laboratory, ARS, USDA. Invasive Fungi. Asian Soybean Rust. Retrieved October 2, 2007, from <http://nt.ars-grin.gov/sbmlweb/fungi/index.cfm>
- HOSSAIN, M. M., AKAMATSU, H., MORISHITA, M., MORI, T., YAMAOKA, Y., SUENAGA, K.; YAMANAKA, N. 2014. Molecular mapping of Asian soybean rust resistance in soybean landraces PI 594767A, PI 587905 and PI 416764. Plant Pathology, 64, 147–156.
- HYMOWITZ, T. 1970. On the domestication of the soybean. Economic Botany, 24:408-21
- IHARA. 2022. Romeo SC (Cerevisane LAS 117 LAS-117), o inovador fungicida biológico para a soja. Acesso em 07/07/2022.
- ISARD,S.A.,GAGE,S.H.,COMTOIS,P., RUSSO,J.M.. 2005. Principles of the atmospheric pathway for invasive species applied to soybean rust. Bioscience, 55, 851–861.
- JACOBSEN, B. J., ZIDACK, N. K., AND LARSON, B. J. 2004. The role of *Bacillus*-based biological control agents in integrated pest management systems: Plant diseases. Phytopathology 94:1272-1275.
- JORDAN, S. A., MAILHOT, D. J., GEVENS, A. J., MAROIS, J. J., WRIGHT, D. L., HARMON, C. L., & HARMON, P. F. 2010. Characterization of kudzu (*Pueraria* spp.) resistance to *Phakopsora pachyrhizi*, the causal agent of soybean rust. Phytopathology, 100, 941–948.
- KAWASHIMA, C. G. et al. 2016. Pigeonpea gene confers resistance to Asian soybean rust in soybean. Nature Biotechnology, vol. 34, number 6. 7p.

- KAWUKI, R. S., TUKAMUHABWA, P., & ADIPALA, E. 2004. Soybean rust severity, rate of rust development, and tolerance as influenced by maturity period and season. *Crop Protection*, 23, 447–455.
- KENDRICK, M. D., HARRIS, D. K., HA, B. K., HYTEN, D. L., CREGAN, P. B., FREDERICK, R. D., PEDLEY, K. F. 2011. Identification of a second Asian soybean rust resistance gene in Hyuuga soybean. *Phytopathology*, 101, 535–543
- KEOGH, R.C., DEVERALL, B.J., MCLEOD, S. .1980. Comparison of histological and physiological responses to *Phakopsora pachyrhizi* in resistant and susceptible soybean. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 74, 329–333.
- KILLGORE,E., HEU,R. GARDNER, D.E. 1994. First report of soybean rust in Hawaii. *Plant Dis.* 78, 1216–1216
- KLOSOWSKI A C, BRAHM L, STAMMLER G, MAY DE MIO L L. 2016. Competitive fitness of *Phakopsora pachyrhizi* isolates with mutations in the CYP51 and CYTB genes. *Phytopathology* 106:1278-1284.
- KLOSOWSKI,A.C., MAYDEMIO,L.L., MIESSNER,S., RODRIGUES,R., STAMMLER, G. 2015. Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *Phakopsora pachyrhizi*.*Pest Manag. Sci.*72, 1211-1215.
- KOCH, E. AND HOPPE, H.H. 1987. Effect of light on uredospore germination and germ tube growth of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd). *J. Phytopathol. Phytopathol. Z.* 119, 64–74.
- KOCH, E., EBRAHIMNESBAT, F., HOPPE, H .H. 1983. Light and electron microscopic studies on the development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd) in susceptible soybean leaves. *Phytopathol. Z.* 106, 302–320
- KOCH,E. AND HOPPE,H.H. 1988. Development of infection structures by the direct-penetrating soybean rust fungus (*Phakopsora pachyrhizi* Syd) on artificial membranes.*J. Phytopathol. Phytopathol. Z.*122,232–244.
- KRETSCHMER, M., LEROCH, M., MOSBACH, A., WALKER, A.-S., FILLINGER, S., MERNKE, D., et al. 2009. Fungicide-driven evolution and molecular basis of multidrug

resistance in field populations of the grey mould fungus *Botrytis cinerea*. PLoS Pathog.5:e1000696.doi:10.1371/journal.ppat.1000696

KUMUDINI, S., GODOY, C. V., KENNEDY, B., PRIOR, E., OMIELAN, J., BOERMA, H. R., HERSHMAN, D. 2010. Role of host-plant resistance and disease development stage on leaf photosynthetic competence of soybean rust infected leaves. Crop Science, 50, 2533–2542.

LEE, G.A.; CRAWFORD, G.W.; LIU, L.; SASAKI, Y.; CHEN, X. 2011. Archaeological soybean (*Glycine max*) in east Asia: Does size matter? PLoS ONE, 6, e26720

LEE, J.D.; YU, J.K.; HWANG, Y.H.; BLAKE, S.; SO, Y.S.; LEE, G.J.; NGUYEN, H.T.; SHANNON, J.G. 2008. Genetic diversity of wild soybean (*Glycine soja* Sieb. and Zucc.) accessions from South Korea and other countries. Crop Sci., 48, 606 - 616.

LEIMINGER, J. H., ADOLF, B., AND HAUSLADEN, H. 2014. Occurrence of the F129L mutation in *Alternaria solani* populations in Germany in response to QoI application, and its effect on sensitivity. Plant Pathol. 63, 640–650

LEVY, C. 2005. Epidemiology and chemical control of soybean rust in southern Africa. Plant Dis. 89, 669-674.

MADALOSSO, T.; FAVERO, F.; TESTON, R. 2017. Eficiência de fungicidas protetores 477 aplicados isoladamente para o controle da ferrugem-asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) na região oeste do PR, safra 2016/2017. In: Resumos expandidos da 479 XXXVI Reunião de Pesquisa de Soja, Londrina, Anais, 2017,4p.

MAGALHÃES, C.M. 1981. Introdução e evolução da soja no Brasil. 2. No Rio Grande do Sul. In: MIYASAKA, S. & MEDINA, J. C. eds. A soja no Brasil. Campinas, ITAL, p.18-20.

MALTBY, L., BROCK, T. C. M., VAN DEN BRINK, P. J. 2009. Fungicide risk assessment for aquatic ecosystems: importance of interspecific variation, toxic mode of action, and exposure regime. Environ. Sci. Technol.43, 7556–7563.

MCLEAN, R. J., & BYTH, D. E. 1980. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybeans. Australian Journal of Agricultural Research, 31, 951–956.

- MEDICE, R., ALVES, E., ASSIS, R. D., MAGNO JÚNIOR, R. G. AND LOPES, E. A. G. L. 2007. Essential oils used in the control of Asian soybean rust *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. Ciênc. Agrotec. 31:83-90.
- MILES, M. R., BONDE, M. R., NESTER, S. E., BERNER, D. K., FREDERICK, R. D., & HARTMAN, G. L. 2011. Characterizing resistance to *Phakopsora pachyrhizi* in soybean. Plant Disease, 95, 577–581
- MILES, M. R., FREDERICK, R. D., & HARTMAN, G. L. 2006. Evaluation of soybean germplasm for resistance to *Phakopsora pachyrhizi*. Plant Health Progress, 34-46.
- MILES, M.R., R.D. FREDERICK, AND G.L. HARTMAN. 2003. Soybean Rust: Is the U.S. Soybean Crop At Risk? <http://admin.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/SoybeanRust.aspx>.
- MINSEN, G. A. 1901. Soja. Revista Agrícola do Rio Grande do Sul, Pelotas, 5(1) :2-4.
- MIY ASAKA, S. 1965. Instruções para a cultura da soja. Campinas, Instituto Agronômico, 1965. 27p.
- MORSE, W.J. 1950. History of soybean production. In: MARKLEY, K. S. Soybean and soybean products. New York, Interscience. p.3-59.
- MUELLER, D. S. 2006. Fungicides: Triazoles. Iowa: Iowa State University. Disponível em: <https://lib.dr.iastate.edu/cropnews/1274>
- MUELLER, T. A., MILES, M. R., MOREL, W., MAROIS, J. J., WRIGHT, D. L., KEMERAIT, R. C., et al. 2009. Effect of fungicide and timing of application on soybean rust severity and yield. Plant Dis. 93, 243-248.
- NOGUEIRA, L. M., PASSIONOTTO, A. L. L., SILVA, C. G., SANTOS, J. V. M., ARIAS, C. A., ABDELNOOR, R. V., & YAMANAKA, N. 2008. Os genes de resistência a ferrugem asiática da soja, Rpp2 e Rpp4, apresentam efeitos não aditivos quando acumulados em uma variedade. Tropical Plant Pathology, 33(Supl.), 204.
- ONO, Y., BURITICA, P., HENNEN, J.F. 1992. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella* and *Cerotelium* and their species on Leguminosae. Mycol. Res. 96, 825–850.

PAUL, C., FREDERICK, R. D., HILL, C. B., HARTMAN, G. L., WALKER, D. R. 2015. Comparison of pathogenic variation among *Phakopsora pachyrhizi* isolates collected from the USA and international locations, and identification of soybean genotypes resistant to the USA isolates. *Plant Disease*, 99, 1059–1069.

PIPER, C.V., MORSE, W. J. 1923. The soybean. New York, McGraw Hill, 320p.

RAY, J. D., SMITH, J. R., MOREL, W., BOGADO, A. N., & WALKER, D. R. 2011. Genetic resistance to soybean rust in PI 567099A is at or near the Rpp3 locus. *Journal of Crop Improvement*, 25, 219–231.

REIS, E.M., DEUNER, E., ZANATTA, M., REIS, E.M., DEUNER, E., ZANATTA, M. 2015. In vivo sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* to DMI and QoI fungicides. *Summa Phytopathol.*41, 21-24.

REIS, E.M.; REIS, A.C.; CARMONA, M.A. 2016. Manual de fungicidas: Guia para o controle químico racional de doenças de plantas. 7.ed. Passo Fundo: Berthier, 280 p.

REMUSI, C., PASCALE, A.J. 1977. La soya, cultivo, mejoramiento, comercialization, usos. 2.ed. Buenos Aires, Ministério de Agricultura & Ganaderia, 104p.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 30. 2002. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2002/2003. Cruz Alta: FUNDACEP/ FECOTRIGO, 140p.

RUPE, J.; L. SCONYERS. 2008. Ferrugem asiática da soja, Ferrugem da soja. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2008-1015-01

SAKSIRIRAT, W., HOPPE, H. H. 1991. Secretion of extracellular enzymes by *Verticillium psalliotae* Treschow and *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas during growth on uredospores of the soybean rustSBR fungus (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) in liquid cultures. *J. Phytopathol.* 131:161-173

SAKSIRIRAT, W., HOPPE, H.H. 1991. Teliospore germination of soybean rust fungus (*Phakopsora pachyrhizi* Syd). *J. Phytopathol.* 132, 339-342.

SAMPAIO, S.C. 1940. Soja. São Paulo, Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de São Paulo, 43p.

- SANGIT, K., JHA, D. K. 2002. *Trichothecium roseum*: a potential agent for the biological control of soybean rustSBR (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.). Indian Phytopathol. 55:232-234.
- SCHERM, H., CHRISTIANO, R. S. C., ESKER, P. D., DEL PONTE, E. M., GODOY, C. V. 2009. Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil. Crop Prot. 28, 774-782.
- SCHMITZ,H.K.,MEDEIROS,C.-A.,CRAIG,I.R.,ANDSTAMMLER,G. 2014.Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-outside-inhibitors and demethylation inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. Pest Manag. Sci. 70, 378–388.doi:10.1002/ps.3562
- SCHNEIDER, R.W., HOLLIER, C.A., WHITAM, H.K., PALM, M.E., MCKEMY, J.M.,HERNÁNDEZ,J.R.,LEVY,L., DEVRIES-PATERSON, R. 2005. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* in the continental United States. Plant Dis. 89, 774–774.
- SCONYERS, L.A., R.C. KEMERAIT, J. BROCK, D.V. PHILLIPS, P.H. JOST, E.J. SIKORA, E. GUTIERREZ-ESTRADA, J.D. MUELLER, J.J. MAROIS, D.L. WRIGHT, AND C.L. HARMON. 2006. Asian Soybean Rust Development in 2005: A Perspective from the Southeastern United States.
- SEIXAS C, D, S et al. 2020. Tecnologias de Produção de Soja (2020) editores técnicos. – Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p.
- SIEROTZKI, H., AND SCALLIET, G. 2013. A review of current knowledge of resistance aspects for the next-generation succinate dehydrogenase inhibitor fungicides. Phytopathology 103, 880-887.
- SILVA, D. C., YAMANAKA, N., BROGIN, R. L., ARIAS, C. A., NEPOMUCENO, A. L., DI MAURO, A. O., ABDELNOOR, R. V. 2008. Molecular mapping of two loci that confer resistance to Soybean Rust in soybean. Theoretical and Applied Genetics, 117, 57–63.
- SINCLAIR, J.B., AND G.L. HARTMAN. 1999. Soybean Rust. Pages 25-26. In Compendium of Soybean Diseases, Fourth Edition. Eds. G.L. Hartman, J.B. Sinclair, and J.C. Rupe, APS Press, St. Paul, MN.

SINGH, R. J., & NELSON, R. L. 2015. Inter subgeneric hybridization between *Glycine max* and *G. tomentella*: Production of F1, amphidiploid, BC1, BC2, BC 3, and fertile soybean plants. *Theoretical and Applied Genetics*, 128, 1117–1136.

SLAMINKO, T. L., MILES, M. R., MAROIS, J. J., WRIGHT, D. L., & HARTMAN, G. 2008. Hosts of *Phakopsora pachyrhizi* identified in field evaluations in Florida. *Plant Health Progress*, <https://doi.org/10.1094/PHP-20081103-01-RS>

STOKSTAD, E. 2004. Agriculture plant pathologists gear up for battle with dread fungus. *Science*, 306, 1672-1673.

SYDOW, H. AND SYDOW, P. 1914. A contribution to knowledge of the parasitic fungi on the island of Formosa. *Ann. Mycol.* 12, 105

T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. 2014. Manual de identificação de doenças de soja. 5.ed. Londrina: Londrina: Embrapa Soja, (Embrapa Soja Documentos 256), 76 p.

T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. 2014. Manual de identificação de doenças de soja. 5.ed. Londrina: Londrina: Embrapa Soja, (Embrapa Soja Documentos 256), 76 p.

TUKAMUHABWA, P., & MAPHOSA, M. 2010. State of knowledge on breeding for durable resistance to soybean rust disease in the developing world. *FAO Plant Prod and Protect Paper* 204.

VAKIL,N.G.; BROMFIELD,K.R. 1976. *Phakopsora* rust on soybean and other legumes in Puerto-Rico. *Plant Dis. Rep.* 60, 995–999.

VENÂNCIO, W.S.; ZAGONEL, J.; FURTADO, E.L.; SOUZA, N.L. 1999. Novos fungicidas. Produtos naturais e derivados sintéticos: estrobilurinas e fenilpirroles. In: Luz, W.C.; Fernandes, J.M.; Prestes, A.M.; Picinini, E.C. *Revisão anual de patologia de plantas, Passo Fundo*,v.7, p.103-55.

VERNETTI, F. 1974. A cultura da soja no Paraguai. Montevideo, IICA/OEA, 56p.

VERNETTI, F. 1977. História e importância da soja no Brasil. *A Lavoura*, 81 (nov./dez.): 21-4.

- VERWEIJ, P. E., SNELDERS, E., KEMA, G. H. J., MELLADO, E., AND MELCHERS, W. J. G. 2009. Azole resistance in *Aspergillus fumigatus*: a side-effect of environmental fungicide use? *Lancet. Infect. Dis.* 9, 789–795.
- VUONG, T. D., WALKER, D. R., NGUYEN, B. T., NGUYEN, T. T., DINH, H. X., HYTEN, D. L., NGUYEN, T. 2016. Molecular characterization of resistance to soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & Syd) in soybean cultivar DT PI 635999. *PLoS ONE*, 11, e0164493. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164493>
- WALKER, D. R., HARRIS, D. K., KING, Z. R., LI, Z., PHILLIPS, D. V., BUCK, J. W., BOERMA, H. R. 2014. Reactions of soybean germplasm accession seedlings to soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) isolates from Georgia. *Crop Science*, 54, 1433–1447
- WIGHTWICK, A., WALTERS, R., ALLINSON, G., REICHMAN, S., AND MENZIES, N. 2010. “Environmental risks of fungicides used in horticultural production systems,” in *Fungicides*, ed. O. Carisse (Rijeka: In Tech), 273–304.
- XAVIER, S.A.; KOGA, L.J.; BARROS, D.C.M.; CANTERI, M.G.; LOPES, I.O.N.; GODOY, C.V. 2015. Variação da sensibilidade de populações de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas inibidores da desmetilação no Brasil. *Summa Phytopathol., Botucatu*, v. 41, n. 3, p. 191-196.
- XIONG, L. et al. 2015. Succinate dehydrogenase: an ideal target for fungicide discovery. In *MAIENFISCH, P.; STEVENSON, T. M. Discovery and Synthesis of Crop Protection Products*, Washington, DC: ACS Publications, p. 175-194.
- YAMANAKA, N., LEMOS, N., AKAMATSU, H., YAMAOKA, Y., SILVA, C. G., PASSIANOTTO, A. L., ABDELNOOR, R. V., SOARES, R. M., & SUENAGA, K. 2011. Soybean breeding materials useful for resistance to soybean rust in Brazil. *Japan Agric. Res. Quarterly* 45, 385–395.
- YAMANAKA, N., MORISHITA, M., MORI, T., MURAKI, Y., HASEGAWA, M., HOSSAIN, M. M., KATO, M. 2016. The locus for resistance to Asian soybean rust in PI 587855. *Plant Breeding*, 135, 621–626.
- YORINORI, J. T. 2002. Perda de rendimento de grãos de soja causada por ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). *Fitopatologia Brasileira* 27 (Suplemento). 10 p.

YORINORI, J. T., PAIVA, W. M., FREDERICK, R. D., COSTAMILAN, L. M., BERTAGNOLLI, P. F., HARTMAN, G. E., NUNES, J. JR. 2005. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. Plant Disease, 89, 675–677.

CAPÍTULO 1

INTEGRAÇÃO DE FUNGICIDAS QUÍMICOS E RESISTÊNCIA GENÉTICA NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA

INTEGRAÇÃO DE FUNGICIDAS QUÍMICOS E RESISTÊNCIA GENÉTICA NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA

RESUMO

A aplicação de fungicidas ainda persiste como a principal estratégia no controle da ferrugem asiática (*Phakosporora pachyrhizi*), principalmente em cultivos tardios, onde a concentração de inóculo costuma ser acentuada. Em integração com o controle químico, atualmente existem cultivares resistentes ao *P. pachyrhizi*, as quais são frequentemente utilizadas em cultivos tardios e locais que costumam ter alta pressão da doença, como na região sul. Nesse sentido, ensaios em campo foram realizados na localidade de Rio Verde - GO, nas safras 2021/22 e 2022/23, com o objetivo de avaliar a eficiência de programas de fungicidas sítio-específico e multissítios em cultivar suscetível e resistente. As cultivares utilizadas foram TMG 7063 Inox® (GM: 7.0; ciclo precoce: 110 dias; resistente a *P. pachyrhizi*) e Brasmax Foco IPRO® (grupo de maturação: 7.2; ciclo precoce: 108 dias; suscetível *P. pachyrhizi*). Os fungicidas químicos utilizados foram: Fox Xpro® [Trifloxistrobina/Estrobilurina + Protiocanazol/Triazol + Bixafem/Carboxamida (150 + 175 + 125 g i.a. ha⁻¹)], Unizeb Gold® [Mancozebe/Ditiocarbamato (720g i.a. ha⁻¹)], Bravonil 720® [Clorotalonil/Isoftalonitrila (720 g i.a. ha⁻¹)] e Reconil® [Oxicloreto de Cobre/Cúprico (588 g i.a. ha⁻¹)]. Foram avaliados 14 tratamentos fungicidas e 2 tratamentos testemunha sem controle em dois ensaios, onde 8 tratamentos foram realizados com a cultivar Brasmax Foco IPRO® e outros 8 tratamentos foram realizados com a cultivar TMG 7063 IPRO Inox®. Os tratamentos de cada ensaio foram os mesmos, para comparar a eficiência dos produtos nas duas cultivares. Os tratamentos fungicidas tiveram a variação de 1 a 4 aplicações (30, 45, 60 e 75 DAE - dias após a emergência), com a finalidade de avaliar se aplicações reduzidas de fungicidas sítio-específico apresentariam eficiência na cultivar com os genes Rpp (resistance to *P. pachyrhizi*), em contraste com a cultivar convencional BMX Foco®. Além da utilização dos fungicidas sítio-específico, também tiveram a associação com fungicidas multissítios posicionados em 2 aplicações (60 e 75 DAE). Foi mensurada a severidade da FAS em avaliações que ocorreram de 26/01 a 12/03/2022, nos seguintes momentos: pré-spray 1 (antes da primeira aplicação), 7 DAA¹ (dias após a primeira aplicação), 7 DAA² (dias após a segunda aplicação), 7 DAA³ (dias após a terceira aplicação), pré-spray 4, 7 DAA⁴ (dias após a

quarta aplicação). Também foram mensuradas a produtividade, MMG (massa de mil grãos), Green Seeker Handheld Trimble® (medição de vigor) e fotografias NDVI (drone eBee Ag® - lente Sensefly Duet M®). As condições ambientais dos dois experimentos (UnB 01 - BMX Foco® e UnB 02 - TMG 7063®) foram propícias ao desenvolvimento da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e as variáveis testadas foram consideravelmente afetadas pela doença. Quanto à variável AACPD, a cultivar TMG 7063® apresentou menor severidade em todos os tratamentos comparativos, com a cultivar BMX Foco®. O tratamento com o fungicida sítio-específico isolado Fox Xpro (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) proporcionou melhores resultados proporcionais a quantidade de aplicações, sendo que apenas uma aplicação isolada (60 DAE) demonstrou maior severidade e quatro aplicações isoladas (30, 45, 60 e 75 DAE) evidenciaram menor AACPD nos dois materiais. Nas duas épocas e nas duas cultivares, conforme mencionado, os tratamentos com associação de fungicidas sítio-específico e multissítios foram os que apresentaram melhores controles da doença e dentre os mesmos, o tratamento 6 [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE) foi o que apresentou os melhores resultados. Em relação a variável Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) das plantas de soja, os tratamentos [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE), [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil 3(0, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE) e [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE) apresentaram os melhores resultados. Os tratamentos [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE)] e 3 [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (45 e 60 DAE)] envolvendo uma e duas aplicações isoladas de fungicidas específicos, apresentaram os menores índices de vegetação. O tratamento 2 [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE)], na segunda época, evidenciou a menor taxa de NDVI em relação aos demais tratamentos, inclusive com taxas menores que a própria testemunha. Nas fotografias obtidas pelo VANT (veículo aéreo não tripulado) eBee Ag®, os resultados das médias de NDVI evidenciaram a cultivar TMG 7063® (UnB 02) possuindo em geral, maiores médias em relação a cultivar BMX Foco® (UnB 01), com médias elevadas, variando de 0,807 a 0,826 sendo mais frequentes no plot da UnB 02. No que tangem os componentes de produtividade, todos os tratamentos da cultivar TMG® apresentaram resultados superiores em relação aos tratamentos do material BMX®. Nos dois ensaios, os tratamentos 6 [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE) e 7 Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE) evidenciaram os maiores incrementos em produtividade, dentre os tratamentos

fungicidas, na primeira e segunda época, respectivamente. No ensaio UnB 02, com a cultivar TMG 7063® (resistente), a testemunha apresentou incremento maior na produtividade estimada do que os tratamentos Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (60 DAE) e Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (45 e 60 DAE), na segunda época do ensaio. Em relação a massa de mil grãos (MMG), na análise dos ensaios UnB 01 (BMX Foco®) e UnB 02 (TMG 7063®), foi demonstrado que todos os tratamentos da cultivar TMG®, inclusive a testemunha, tiveram maiores massas de mil grãos do que a cultivar suscetível BMX Foco®, conforme semelhança nas outras variáveis. O maior incremento de MMG na cultivar TMG 7063® ocorreu com a associação [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem - 30, 45 e 60 DAE] + Mancozebe (45 e 60 DAE). Em relação a BMX Foco®, o maior incremento ocorreu na associação [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem - 30, 45 e 60 DAE] + Clorotalonil (45 e 60 DAE).

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*; controle químico; resistência genética; triazol; estrobilurina; carboxamida; ditiocarbamato; isoftalonitrila; cúpricos.

INTEGRATION OF CHEMICAL FUNGICIDES AND GENE RESISTANCE IN THE CONTROL OF SOYBEAN RUST

ABSTRACT

The application of fungicides still remains the main strategy for controlling Soybean Rust (*Phakospora pachyrhizi*), especially in late-season crops, where inoculum concentrations are usually high. In combination with chemical control, there are currently cultivars resistant to *P. pachyrhizi*, which are frequently used in late-season crops and in locations that tend to have high disease pressure, such as the southern region. In this sense, field trials were carried out in the Rio Verde - GO area, in the 2021/22 and 2022/23 harvests, with the aim of evaluating the efficiency of site-specific and multi-site fungicide programs in susceptible and resistant cultivars. The cultivars used were TMG 7063 Inox® (GM: 7.0; early cycle: 110 days; resistant to *P. pachyrhizi*) and Brasmax Foco IPRO® (maturity group: 7.2; early cycle: 108 days; susceptible to *P. pachyrhizi*). The chemical fungicides used were: Fox Xpro® [Trifloxystrobin/Strobilurin + Prothioconazole/Triazole + Bixafem/Carboxamide (150 + 175 + 125 g a.i. ha⁻¹)], Unizeb Gold® [Mancozeb/Dithiocarbamate (720 g a.i. ha⁻¹)], Bravonil 720® [Chlorothalonil/Isophthalonitrile (720 g a.i. ha⁻¹)] and Reconil® [Copper/Cupric Oxychloride (588 g a.i. ha⁻¹)]. Fourteen fungicide treatments and 2 control treatments without control were evaluated in two trials, where 8 treatments were carried out with the Brasmax Foco IPRO® cultivar and another 8 treatments were carried out with the TMG 7063 IPRO Inox® cultivar. The treatments in each trial were the same to compare the efficiency of the products in both cultivars. The fungicide treatments varied from 1 to 4 applications (30, 45, 60 and 75 DAE - days after emergence), with the aim of evaluating whether reduced applications of site-specific fungicides would be efficient in the cultivar with the Rpp (resistance to *P. pachyrhizi*) genes, in contrast to the conventional cultivar BMX Foco®. In addition to the use of site-specific fungicides, they were also associated with multi-site fungicides positioned in 2 applications (60 and 75 DAE). The severity of ASR was measured in evaluations that took place from 01/26 to 03/12/2022, at the following time points: pre-spray 1 (before the first application), 7 DAA¹ (days after the first application), 7 DAA² (days after the second application), 7 DAA³ (days after the third application), pre-spray 4, 7 DAA⁴ (days after the fourth application). Productivity, MMG (thousand grain mass), Green Seeker Handheld Trimble® (vigor measurement) and NDVI photographs (eBee Ag® drone - Sensefly Duet M® lens) were also measured. The environmental conditions of the two

experiments (UnB 01 - BMX Foco® and UnB 02 - TMG 7063®) were conducive to the development of Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi*) and the tested variables were considerably affected by the disease. Regarding the AUDPC variable, the TMG 7063® cultivar showed lower severity in all comparative treatments, with the BMX Foco® cultivar. The treatment with the isolated site-specific fungicide Fox Xpro (Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem) provided better results proportional to the number of applications, with only one isolated application (60 DAE) demonstrating greater severity and four isolated applications (30, 45, 60 and 75 DAE) showing lower AUDPC in both materials. In both seasons and in both cultivars, as mentioned, the treatments with the combination of site-specific and multisite fungicides were those that presented better disease control and among them, treatment 6 [Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem] + Mancozeb (30, 45 and 60 DAE + 45 and 60 DAE) was the one that presented the best results. Regarding the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) variable of soybean plants, the treatments [Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem] + Mancozeb (30, 45 and 60 DAE + 45 and 60 DAE), [Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem] + Chlorothalonil 3 (0, 45 and 60 DAE + 45 and 60 DAE) and [Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem] + Copper oxychloride (30, 45 and 60 DAE + 45 and 60 DAE) showed the best results. The treatments [Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem (60 DAE)] and 3 [Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem (45 and 60 DAE)] involving one and two isolated applications of specific fungicides, showed the lowest vegetation indices. Treatment 2 [Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem (60 DAE)], in the second season, showed the lowest NDVI rate in relation to the other treatments, including lower rates than the control itself. In the photographs obtained by the eBee Ag® UAV (unmanned aerial vehicle), the results of the NDVI averages showed that the TMG 7063® (UnB 02) cultivar generally had higher averages in relation to the BMX Foco® cultivar (UnB 01), with high averages, ranging from 0.807 to 0.826, being more frequent in the UnB 02 plot. Regarding the productivity components, all treatments of the TMG® cultivar showed superior results and in relation to the treatments of the BMX® material. In both trials, treatments 6 [Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem] + Mancozeb (30, 45 and 60 DAE + 45 and 60 DAE) and 7 [Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem] + Chlorothalonil (30, 45 and 60 DAE + 45 and 60 DAE) showed the greatest increases in productivity among the fungicide treatments, in the first and second season, respectively. In the UnB 02 trial, with the cultivar TMG 7063® (resistant), the control showed a greater increase in estimated productivity than the treatments Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem (60 DAE) and Trifloxystrobin +

Prothioconazole + Bixafem (45 and 60 DAE), in the second season of the trial. Regarding the thousand grain mass (MMG), in the analysis of the UnB 01 (BMX Foco®) and UnB 02 (TMG 7063®) trials, it was demonstrated that all treatments of the TMG® cultivar, including the control, had greater thousand grain masses than the susceptible cultivar BMX Foco®, in accordance with the similarity in the other variables. The greatest increase in MMG in the TMG 7063® cultivar occurred with the combination [Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem - 30, 45 and 60 DAE] + Mancozeb (45 and 60 DAE). Regarding BMX Foco®, the greatest increase occurred in the combination [Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem - 30, 45 and 60 DAE] + Chlorothalonil (45 and 60 DAE).

Keywords: *Phakopsora pachyrhizi*; chemical control; genetic resistance; triazole; strobilurin; carboxamide; dithiocarbamate; isophthalonitrile; coppers.

1. INTRODUÇÃO

A ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) foi relatada no continente americano em março de 2001, na localidade de Pirapó (estado de Itapuá), no Paraguai. Em alguns meses, o patógeno estava amplamente disseminado em todo país e também no norte e oeste do estado do Paraná. Na safra 2001/02, *P. pachyrhizi* já atingia 60% da área de cultivo do Brasil, evidenciando um patógeno com alto poder de disseminação e agressividade. Desde então, a ferrugem asiática (FAS) foi se tornando uma das principais doenças da cultura, envolvendo o trabalho de pesquisadores de instituições públicas e privadas, na elaboração das melhores estratégias de controle, que a cada safra são aperfeiçoadas (Yorinori & Lazzarotto, 2004).

Os sintomas da FAS podem ser evidenciados desde os estádios vegetativos da soja, porém ocorrem mais frequentemente nos estádios iniciais de floração (a partir de R1 - abertura da primeira flor), se estendendo até o pleno enchimento de grãos (R6 - grão totalmente cheio). As lesões, inicialmente são verde-acinzentadas, com progressão para marrom-escuro e marrom- avermelhado. As pústulas costumam incidir na face abaxial, onde há a produção de uredínias com intensa quantidade urediniósporos, que são expelidos por um poro central (ostíolo) e disseminados pelo vento (disseminação anemófila). As lesões se acumulam com a evolução policíclica da doença, gerando amarelecimento foliar e desfolha antecipada, comprometendo em redução de ciclo da soja e enchimento de grãos (Yorinori, 2002; Yang, 2002; Yorinori et al. 2003).

Para o controle da doença e redução de danos provocados pela doença na cultura, as estratégias de manejo recomendadas no Brasil para a FAS são principalmente: a utilização de cultivares de ciclo precoce; utilização de cultivares com genes de resistência, semeaduras calendarizadas para o início da época recomendada; eliminação de plantas voluntárias de soja e ausência de cultivo de soja na entressafra (vazio fitossanitário); monitoramento da lavoura desde o início do desenvolvimento da cultura, se possível, com coletor de esporos; utilização de fungicidas sítio-específico e multissítios de forma preventiva (pré-infecção) e/ou de forma curativa (pós-infecção e aparecimento de sintomas) (Tecnologias, 2006).

O controle químico da FAS é amplamente utilizado, sendo considerado a principal medida de controle da doença. Atualmente vem sendo utilizados fungicidas sistêmicos/mesostêmicos (sítio-específico) e de contato (multissítios). Em relação aos fungicidas específicos, os grupos comumente utilizados são os triazóis/morfolinas (atuantes na

síntese de ergosterol), estrobilurinas (complexo III da respiração mitocondrial) e carboxamidas (atuantes no complexo II da respiração mitocondrial). Quanto aos fungicidas multissítios, os mais difundidos para o controle da ferrugem são os ditiocarbamatos (quelatização a proteínas funcionais); cúpricos (acumulação de Cu^{2+} nas células fúngicas) e isoftalonitrila (interrupção de glicólise do fungo) (Godoy et al. 2018; Fonseca, 2018; Embrapa, 2018). Aliado ao uso dos princípios ativos recomendados, as aplicações calendarizadas também são cruciais no manejo, onde iniciando em V8 (oitavo nó vegetativo) ou no estágio de florescimento (a partir de R1) e se repetindo em intervalos de 14 a 16 dias, costumam obter uma adequada supressão do patógeno (Shtienberg, 2007).

O desenvolvimento de genótipos resistentes a FAS, especialmente com resistência vertical (monogênica ou oligogênica) tem sido um trabalho contínuo nos programas de melhoramento genético de soja, devido à alta variabilidade genética de *P. pachyrhizi*, as quais com suas múltiplas raças, podem superar os genes de resistência (Martins et al., 2014; Melo et al., 2015). Sete genes Rpp (resistance to *Phakopsora pachyrhizi*), foram mapeados e identificados (Rpp1 - Rpp7). Dos 7 genes encontrados, algumas reações incompatíveis (pouco efeito sobre morte celular programada, efeito de arraste de caracteres indesejáveis/linkage, entre outros) são expressas pelo gene Rpp 1. Os demais (Rpp2 - Rpp7) costumam agir com boa eficiência na redução do desenvolvimento da doença e na produção de lesões marrom-avermelhadas (RB - Redish Brown), com acentuada reação de hipersensibilidade (RH) nos pontos de infecção, impossibilitando o patógeno de completar o ciclo e reproduzir (formação de uredínias e liberação de uredínias) (Yamanaka et al., 2013).

A associação do controle químico e genético no controle da ferrugem asiática ainda carece de estudos detalhados e especialmente em experimentações em campo, tanto no Brasil, como nos outros países produtores. Mesmo a empresa Tropical Melhoramento e Genética (TMG) lançando os primeiros materiais com genes Rpp em 2008 (TMG 801 e TMG 803), houve equívocos no posicionamento das aplicações nos genótipos Inox. Algumas recomendações como zerar as aplicações e/ou realizar apenas duas aplicações por ciclo, geraram efeito reverso na popularidade dos materiais com genes Rpp e até mesmo provocaram pressão de seleção de populações para superação de alguns genes Rpp. Nesse sentido, o objetivo geral do presente trabalho foi compreender a interação atual de fungicidas químicos (sítio-específico e multissítios) com uma cultivar resistente (TMG 7063 INOX) em comparação com uma suscetível (BMX FOCO). Quanto aos objetivos específicos, foram implementadas variáveis para analisar o efeito do decréscimo de aplicações (variando de 1 a 4

spray's: 30, 45, 60 e 75 DAE - dias após a emergência), em efeitos de progressão da ferrugem asiática e níveis de produtividade nos dois materiais genéticos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local

Os dois ensaios, nomeados como UnB01 e UnB02, foram conduzidos em campo na área experimental da AgroCarregal (Rio Verde - GO), nas safras 2021/22 e 2022/23. As coordenadas geográficas dos experimentos foram respectivamente: (latitude S 17°46'59.72"; longitude O 51°0'35.721"; 768.4 metros de altitude); (latitude S 17°46'56.787"; longitude O 51°0'37.234"; 769.5 metros de altitude) (Figura 3).

O solo da localidade se caracteriza como vermelho distrófico, o qual já vem em atividade agrícola desde os anos 2000, tendo uma maior intensificação a partir de 2013. Possui as seguintes propriedades químicas: pH (CaCl₂): 5,64; M.O.: 22,13 mg.dm⁻³; V: 53,46 %; K: 1,76 Cmolc.dm⁻³; S: 28,06 mg.dm⁻³; P (Mehlich 1): 18,13 mg.dm⁻³; Ca: 21,86 Cmolc.dm⁻³; Mg: 8,6 Cmolc.dm⁻³; Al: 0,00 Cmolc.dm⁻³; Na: 0,2 Cmolc.dm⁻³; B: 0,63 mg.dm⁻³; Cu: 2,15 mg.dm⁻³; Fe: 9,0 mg.dm⁻³; Mn: 6,3 mg.dm⁻³; Zn: 1,7 mg.dm⁻³; H+Al: 21,40 Cmolc.dm⁻³; SB: 32,73 Cmolc.dm⁻³; C.T.C: 53,77 Cmolc.dm⁻³. As proporções granulométricas são: 473 g.kg⁻¹ de argila; 209 g.kg⁻¹ de silte; 317 g.kg⁻¹ de areia (Figura 3).



Figura 3. Localização dos ensaios UnB 01 e UnB 02. Os ensaios foram conduzidos na área 3 (arrendo) da estação experimental AgroCarregal®, com as referências: latitude S 7°46'59.72"; longitude O 51°0'35.721"; 768.4 metros de altitude; latitude S 17°46'56.787"; longitude O 51°0'37.234"; 769.5 metros de altitude. **Créditos de imagem: Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agronômica®, 2022.**

2.2 Semeadura e manejo da soja

A semeadura dos experimentos foi realizada em 17 de dezembro de 2021 e 17 de dezembro de 2022, utilizando as cultivares Brasmax Foco IPRO® e TMG 7063 Inox®. O plantio foi realizado com a plantadeira John Deere (JD 1111® - 8 linhas), no SPD (sistema de plantio direto), em cima de palhada do milho-safrinha (*Zea mays*).

A densidade populacional foi de 340.000 plantas. ha⁻¹, conferindo espaçamento entre linhas de 0,50 m e 17 sementes.m⁻¹ para ambas cultivares. O TS (tratamento de sementes) foi realizado com o inseticida de amplo espectro Fortenza Duo® (ciantraniliprole/diamida antranílica e tiametoxam/neonicotinóide) e inoculantes Rizoliq LLI® (*Bradyrhizobium japonicum*) e Biomax Premium® (*Bradyrhizobium elkanii* e *B. japonicum*). A fertilização de base foi realizada com N-P-K formulado (02-18-18), na dosagem de 320 kg/ha⁻¹.

As práticas de manejo da cultura empregadas nos experimentos, incluindo fertilização, controle de plantas daninhas [capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), capim-colchão (*Digitaria horizontalis*), tiririca (*Cyperus rotundus*), corda-de-viola (*Ipomea* sp)] e de insetos [complexo spodotera (*Spodoptera eridania*, *S. cosmioides*, *S. frugiperda*), metaleiro (*Magacelis* sp.), percevejo marrom (*Euschistus heros*), brasileiro (*Diabrotica speciosa*), mosca branca (*Bemisia tabaci*)] foram realizadas seguindo as estratégias técnicas para a soja na região Centro-oeste (Tecnologias, 2020).



Figura 4. Semeadura das cultivares Brasmax FOCO® e TMG 7063®. Plantadeira John Deere (JD 1111® - 8 linhas), com distribuição a vácuo de sementes. Créditos de imagem: Baldo, 2022.

2.3 Condições ambientais durante a condução do experimento

A cidade de Rio Verde (GO) está localizada na região edafoclimática 301 (sudoeste goiano), onde o clima da região é caracterizado como tropical, com as estações secas e chuvosas definidas (verões chuvosos e invernos secos). A média de precipitação anual é de 1.493 mm, com 95% da distribuição das chuvas geralmente ocorrendo entre outubro e abril. As temperaturas médias anuais variam de 20 a 23 °C, porém podem chegar a 34 °C nos meses antecedentes as primeiras chuvas (agosto e setembro) e a 12 °C no inverno (junho e julho),

principalmente no sudoeste do estado. Os dados climáticos durante a execução dos ensaios estão apresentados nos anexos VII e VIII.

2.4 Aplicações dos Tratamentos Fungicidas

Nos experimentos UnB01 e UNB02, com o objetivo de analisar as respostas das cultivares BMX Foco® (suscetível) e TMG 7063® (resistente) ao programa de fungicidas químicos, foram realizadas de uma a quatro aplicações (30 > 45 > 60 > 75 DAE - dias após a emergência) dos fungicidas específicos e multissítios. É válido ressaltar que os dois protocolos possuíram os mesmos tratamentos, apenas alterando o genótipo de soja, para justamente realizar o comparativo das cultivares e observar se o decréscimo de aplicações possui viabilidade no programa direcionado a materiais Inox.

A pulverização dos fungicidas foi realizada com pulverizador de precisão e pressão constante (CO₂), constituído de barra de pulverização de três metros e seis pontas do tipo leque-duplo JGT 110.02, com calibração de volume de calda para 150 L ha¹. A pressão de trabalho foi constante (30 kPa) e o controle do volume de calda ocorreu pela velocidade de aplicação.

O pulverizador costal possui dois nanômetros, sendo um na saída do cilindro de CO₂ e outro na barra de pulverização, permitindo monitoramento constante da pressão de trabalho. Ademais, o sistema trabalha com volume de calda exata para a área a ser aplicada, portanto, permite a identificação imediata caso ocorra algum problema na aplicação.

As datas, horários, estádios fenológicos da cultura e condições ambientais no momento de cada aplicação estão constados nas tabelas 4, 5, 6 e 7.

Tabela 4. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB01 (safra 2021/22).

	1ª Aplicação	2ª Aplicação	3ª Aplicação	4ª Aplicação
Data	26/01/2022	11/02/2022	26/02/2022	12/03/2022
Intervalo de Aplicação	-	15 dias	15 dias	16 dias
Horário Início	14:37	07:58	08:05	08:38
Horário Final	14:51:00	08:24:24	08:38:07	08:57:30
Temperatura Ar (°C)	29.5°C	19.9°C	22.58°C	22.89°C
Umidade Relativa (%)	49%	93%	81%	84%

Velocidade do Vento (km/h)	3.05 km/h	2.01 km/h	1.55 km/h	1.52 km/h
Visibilidade (%)	96%	100%	18%	99%
Condição do Solo	Seco	Seco	Seco	Seco
Tipo de Aplicação	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal
Estádio Cultura (Fehr & Caviness; BBCH)	V8 (BBCH - 19)	R1 (BBCH - 51)	R3 (BBCH - 69)	R5 (BBCH - 79)
Propelente	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
Diluyente	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
Ponta pulverização	110.02	110.02	110.02	110.02
Volume da ponta	150 L/ha	150 L/ha	150 L/ha	150 L/ha
Número de pontas	6	6	6	6
Espaç. entre pontas (cm)	50	50	50	50
Pressão	30	30	30	30
Volume de calda (L/ha)	150	150	150	150
Veloc. da aplicação (km/h)	4,5	4,5	4,5	4,5

*Fenologia da soja de acordo com as escalas Fehr & Caviness, 1977 e BBCH (Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical - Munger et al., 1997).

*Aplicador: Carlos Augusto Gusatti

Tabela 5. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB02 (safra 2021/22).

	1ª Aplicação	2ª Aplicação	3ª Aplicação	4ª Aplicação
Data	26/01/2022	11/02/2022	26/02/2022	12/03/2022
Intervalo de Aplicação	-	15 dias	15 dias	16 dias
Horário Início	14:38	07:59	08:05	08:38:45
Horário Final	15:04:44	08:18:50	08:32:37	09:01:13
Temperatura Ar (°C)	29.5°C	19.9°C	22.58°C	22.89°C
Umidade Relativa (%)	49%	93%	81%	84%
Velocidade do Vento (km/h)	3.05 km/h	2.01 km/h	1.55 km/h	1.52 km/h
Visibilidade (%)	96%	100%	18%	99%
Condição do Solo	Seco	Seco	Seco	Seco
Tipo de Aplicação	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal
Estádio Cultura (Fehr & Caviness; BBCH)	V8 (BBCH - 19)	R1 (BBCH - 51)	R3 (BBCH - 69)	R5 (BBCH - 79)
Propelente	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
Diluyente	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O

Ponta pulverização	110.02	110.02	110.02	110.02
Volume da ponta	150 L/ha	150 L/ha	150 L/ha	150 L/ha
Número de pontas	6	6	6	6
Espaç. entre pontas (cm)	50	50	50	50
Pressão	30	30	30	30
Volume de calda (L/ha)	150	150	150	150
Veloc. da aplicação (km/h)	4,5	4,5	4,5	4,5

*Fenologia da soja de acordo com as escalas Fehr & Caviness, 1977 e BBCH (Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical - Munger et al., 1997).

*Aplicador: Carlos Augusto Gusatti

Tabela 6. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB01 (safra 2022/23).

	1ª Aplicação	2ª Aplicação	3ª Aplicação	4ª Aplicação
Data	28/01/2022	14/02/2022	27/02/2022	14/03/2022
Intervalo de Aplicação	-	15 dias	15 dias	16 dias
Horário Início	08:38	07:59	08:05	08:48
Horário Final	09:07:12	08:24:13	08:31:33	09:17:26
Temperatura Ar (°C)	22.38°C	25.9°C	24.22°C	23.56°C
Umidade Relativa (%)	82%	91%	86%	84%
Velocidade do Vento (km/h)	2.10 km/h	2.22 km/h	1.65 km/h	1.54 km/h
Visibilidade (%)	97%	100%	100%	100%
Condição do Solo	Seco	Seco	Seco	Seco
Tipo de Aplicação	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal
Estádio Cultura (Fehr & Caviness; BBCH)	V8 (BBCH - 19)	R1 (BBCH - 51)	R3 (BBCH - 69)	R5 (BBCH - 79)
Propelente	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
Diluyente	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
Ponta pulverização	110.02	110.02	110.02	110.02
Volume da ponta	150 L/há	150 L/há	150 L/ha	150 L/ha
Número de pontas	6	6	6	6
Espaç. entre pontas (cm)	50	50	50	50
Pressão	30	30	30	30
Volume de calda (L/ha)	150	150	150	150
Veloc. da aplicação (km/h)	4,5	4,5	4,5	4,5

*Fenologia da soja de acordo com as escalas Fehr & Caviness, 1977 e BBCH (Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical - Munger et al., 1997). *Aplicador: Carlos Augusto Gusatti

Tabela 7. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB02 (safra 2022/23).

	1ª Aplicação	2ª Aplicação	3ª Aplicação	4ª Aplicação
Data	28/01/2022	14/02/2022	27/02/2022	14/03/2022
Intervalo de Aplicação	-	15 dias	15 dias	16 dias
Horário Início	09:10	08:30	09:05	09:15
Horário Final	09:27:14	09:14:13	09:35:33	09:42:26
Temperatura Ar (°C)	21.43°C	23.3°C	25.15°C	22.71°C
Umidade Relativa (%)	83%	90%	84%	81%
Velocidade do Vento (km/h)	2.15 km/h	2.32 km/h	1.72 km/h	1.64 km/h
Visibilidade (%)	97%	100%	100%	100%
Condição do Solo	Seco	Seco	Seco	Seco
Tipo de Aplicação	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal
Estádio Cultura (Fehr & Caviness; BBCH)	V8 (BBCH - 19)	R1 (BBCH - 51)	R3 (BBCH - 69)	R5 (BBCH - 79)
Propelente	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
Dilúente	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
Ponta pulverização	110.02	110.02	110.02	110.02
Volume da ponta	150 L/ha	150 L/ha	150 L/ha	150 L/ha
Número de pontas	6	6	6	6
Espaço entre pontas (cm)	50	50	50	50
Pressão	30	30	30	30
Volume de calda (L/ha)	150	150	150	150
Veloc. da aplicação (km/h)	4,5	4,5	4,5	4,5

*Fenologia da soja de acordo com as escalas Fehr & Caviness, 1977 e BBCH (Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical - Munger et al., 1997).

*Aplicador: Carlos Augusto Gusatti

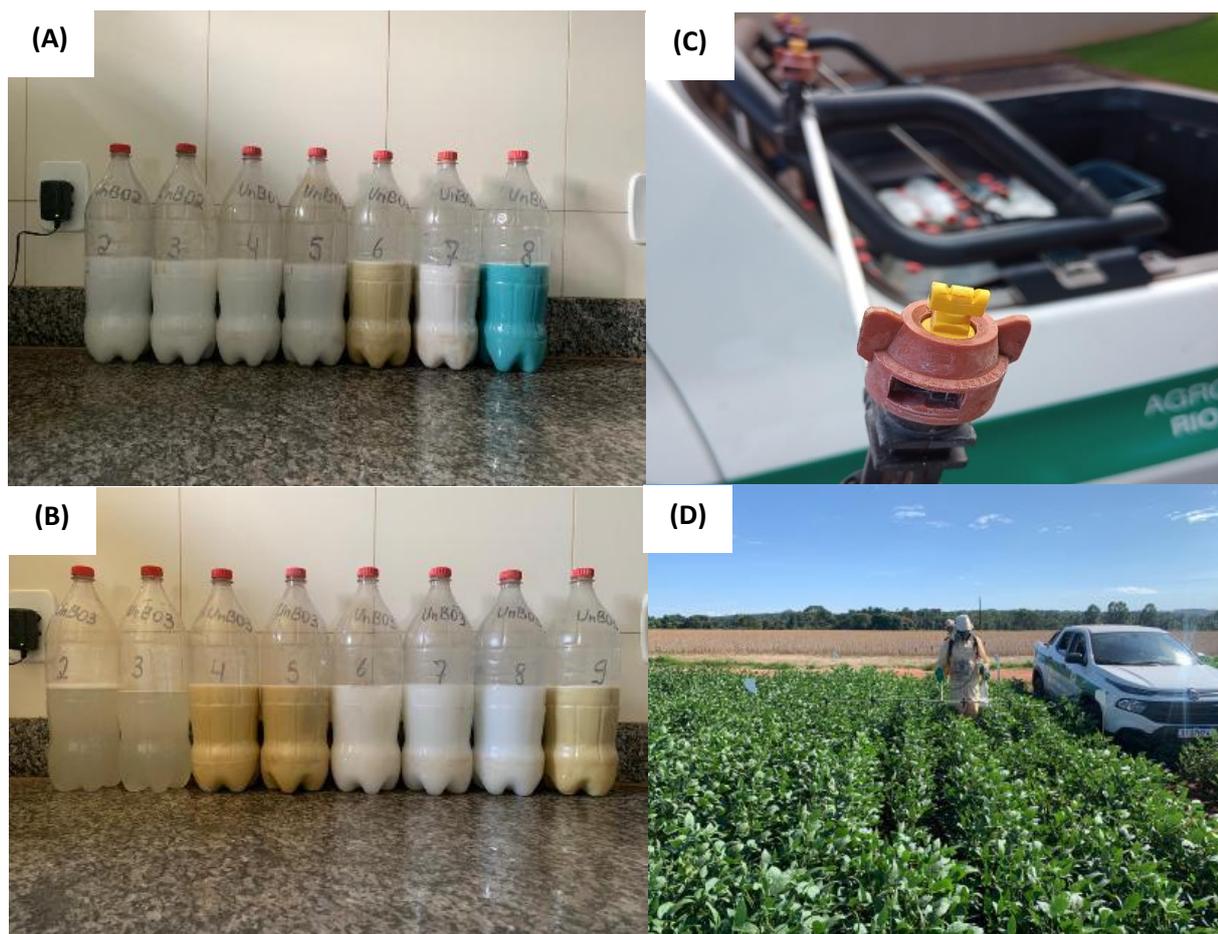


Figura 5. Metodologia de aplicação. (A e B): Preparação de calda para os tratamentos fungicidas; (C): Leque duplo Jacto® JGT 110.02; (D): aplicação dos tratamentos em campo. Baldo, 2023.

2.5 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em arranjo fatorial. As parcelas experimentais foram compostas por 8 linhas de soja, com 5m de comprimento por 4 m de largura (5m x 4m), totalizando 20 m² de área. A área útil de cada parcela foi composta por 4 linhas centrais, de 5 metros de comprimento, excluindo 1 m das extremidades referentes as linhas das bordaduras, assim obtendo 15 m². Os princípios ativos utilizados e respectivos tratamentos dos ensaios UnB01 e UnB02 estão dispostos nas tabelas 8, 9 e 10.

Tabela 8. Fungicidas químicos e biológicos utilizados, com seus respectivos nomes comerciais, princípios ativos e concentrações de ingrediente ativo e doses.

Princípio Ativo	Nome comercial	g ia.ha ⁻¹ *	L ou kg/ha**
Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	Fox Xpro	15 + 175 + 25	0,5
Mancozebe	Unizeb Gold	720	1,5
Clorotalonil	Bravonil 720	720	1,0
Oxicloreto de Cobre	Reconil	588	0,5

*dose de ingrediente ativo (ia); **dose do produto comercial.

Tabela 9. Tratamentos do ensaio UnB01. Cultivar: Brasmax Foco IPRO®.

Tratamentos	Dose (L, Kg/ha)	Estádio de aplicação
1. Testemunha	-	-
2. Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem*	0,5	60 DAE**
3. Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	0,5	45>60 DAE
4. Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	0,5	30>45>60 DAE
5. Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	0,5	30>45>60>75 DAE
6. [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Mancozebe	0,5 + 1,5	30>45>60 + 45>60 DAE
7. [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Clorotalonil	0,5 + 1	30>45>60 + 45>60 DAE
8. [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Oxicloreto de Cu	0,5 + 0,5	30>45>60 + 45>60 DAE

*Produtos comerciais: Fox Xpro (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem); Unizeb Gold (Mancozebe); Bravonil 720 (Clorotalonil); Reconil (Oxicloreto de Cobre). **DAE (dias após a emergência).

Tabela 10. Tratamentos do ensaio UnB02. Cultivar: TMG 7063 Inox®.

Tratamentos	Dose (L, Kg/ha)	Estádio de aplicação
1. Testemunha	-	-
2. Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem*	0,5	60 DAE**
3. Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	0,5	45>60 DAE
4. Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	0,5	30>45>60 DAE
5. Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	0,5	30>45>60>75 DAE
6. [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Mancozebe	0,5 + 1,5	30>45>60 + 45>60 DAE
7. [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Clorotalonil	0,5 + 1	30>45>60 + 45>60 DAE
8. [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Oxicloreto de Cu	0,5 + 0,5	30>45>60 + 45>60 DAE

*Produtos comerciais: Fox Xpro (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem); Unizeb Gold (Mancozebe); Bravonil 720 (Clorotalonil); Reconil (Oxicloreto de Cobre). **DAE (dias após a emergência).

2.6 Variáveis mensuradas

2.6.1 Severidade da ferrugem asiática

As avaliações de severidade foram realizadas com base na escala proposta por Godoy et al. (2006). Foram avaliados quatro trifólios (um por planta), em duas plantas das linhas centrais (linhas 3 e 5) de cada parcela. Os nós escolhidos para as análises das severidades foram escolhidos de acordo com a evolução da doença no tempo (progresso da doença), sendo divididos nos terços inferior, médio e superior do dossel da planta.

As avaliações foram realizadas semanalmente, após a presença dos primeiros pontos de inóculo na estação. Os momentos de avaliações ocorreram em: pré-spray 1, 7 DAA¹ (dias após a primeira aplicação), pré-spray 2, 7 DAA² (dias após a segunda aplicação), pré-spray 3, 7 DAA³ (dias após a terceira aplicação), pré-spray 4, 7 DAA⁴ (dias após a quarta aplicação). As avaliações ocorreram de 26/01/2022 a 12/03/2022. A Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) foi calculada a partir da soma das áreas trapezoidais da curva (Campbell & Madden, 1990).

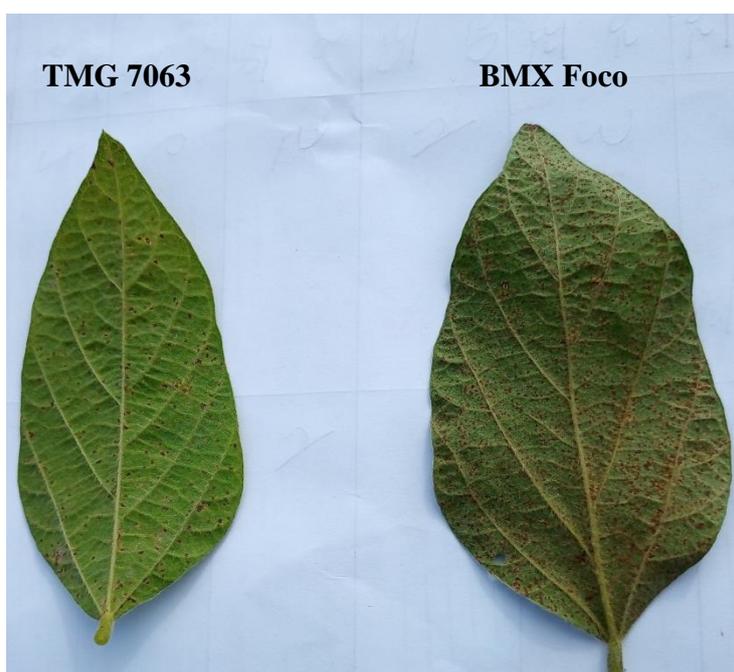


Figura 6. Contraste de severidade entre as duas cultivares. A cultivar resistente TMG 7063® apresentou menor quantidade de lesões e menor esporulação (reação RB - Redish Brown). A cultivar suscetível Brasmax FOCO® apresentou severidade significativamente maior, com intensa produção de uredínias e urediniósporos (reação TAN). **Baldo & Carregal, 2022.**

2.6.2 Green Seeker Handheld Trimble® - NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)

Atualmente, existem vários índices para mensuração de vegetação das culturas, porém o Índice Vegetação por Diferença Normalizada/Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) é um dos mais utilizados, apresentando eficiência e acurácia nos resultados. O NDVI é obtido pela razão entre a diferença e a soma das reflectâncias no infravermelho próximo e no vermelho (Rouse et al. 1973; Melo et al. 2008).

A valoração do NDVI pode variar entre -1 e 1, sendo positivos quando os alvos são rochas, solos descobertos e vegetação. Os maiores valores de NDVI estão associados a vegetação, incrementando com maiores densidades e coberturas verdes. Em casos que o ambiente atmosférico seja caracterizado com muitas nuvens, corpos de água ou neve, a reflectância do infravermelho é prejudicada, tendendo a gerar NDVI negativo. Dessa forma, a metodologia do NDVI não é adequada a todas as regiões produtoras do país, como exemplo, a região edafoclimática 502 (Pará - PA), onde não é possível realizar medições de vegetação por VANT, pela intensa quantidade de nuvens nas épocas de safra (Ponozoni et al. 2007).

Em relação às formas de avaliação de NDVI, o aparelho de medição manual Green Seeker® é uma alternativa mais acessível e também utilizada em localidades sem condições atmosféricas para a utilização de NDVI por lentes de Drones. O primeiro sensor “GreenSeeker®” foi desenvolvido pela Universidade de Oklahoma (EUA), na década de 1990. O princípio do aparelho é a utilização de diodos na emissão de radiação nas faixas do vermelho (650 nm - nanômetros) e infravermelho próximo (770 nm). A leitura de reflectância é calculada por um processador interno, fornecendo o “Índice de Vegetação por Diferença Normalizada” (NDVI), que é transmitido a um computador portátil adaptado ao sensor (Marino & Alvino, 2014; Padilla et al. 2018).

As taxas do aparelho variam de 0,00 a 0,99, onde o índice de vegetação se eleva com a concentração de pigmentos fotossintetizantes (clorofilas “a” e “b”) no dossel da planta, evidenciando os teores de nitrogênio e secundariamente de magnésio (elemento central da

clorofila). Como o *P. pachyrhizi* é um patógeno atuante no processo fotossintético, a área foliar deteriorada pelo fungo é escaneada no sensor, gerando um nível de reflectância variável de acordo com a área afetada (Ntech Industries, 2022; Agro Trimble, 2022).

Na leitura das plantas dos ensaios UnB01 e UnB02 através do Green Seeker Handheld Trimble®, foram analisados dois disparos na mesma altura (altura de quadril do avaliador - 1,06 metro), de duas plantas pertencentes às linhas centrais 3 e 5 de cada parcela.

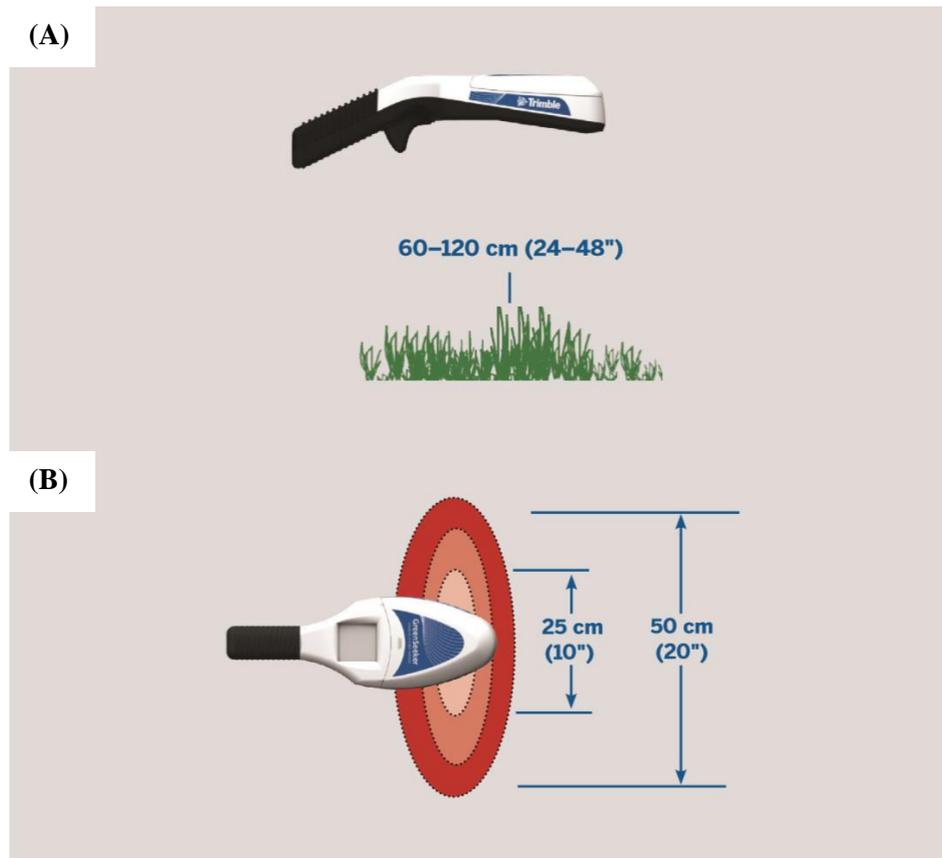


Figura 7. Metodologia Green Seeker Handheld Trimble® para precisão de leituras. (A): distância de 60 a 120 cm da cultura para acionamento do gatilho; (B): campo de visão do aparelho, onde a leitura é ampliada e otimizada a partir de 50 cm da cultura. **Trimble, 2022**



Figura 8. Análise de vigor através do aparelho Green Seeker Handheld Trimble®. O aparelho emite luz vermelha e infravermelho, posteriormente analisando a refletância de retorno. O sensor exibe o valor medido em termos de uma leitura NDVI na tela LCD. As leituras NDVI podem variar de 0,00 a 0,99, onde quanto maior a leitura, maior sanidade vegetal. **Baldo, 2022.**

2.6.3 Fotografias multiespectrais NDVI obtidas por VANT

O termo “Veículo Aéreo Não Tripulado” (VANT) é mundialmente conhecido e inclui uma ampla gama de aeronaves que são autônomas, semiautônomas ou remotamente operadas, inclusive para fins agrônômicos. De acordo com a ABA (Associação Brasileira de Aeromodelismo), a definição para VANT é: “um veículo capaz de voar na atmosfera, fora do efeito de solo, sendo projetado ou modificado para não receber um piloto humano e que é operado por controle remoto ou autônomo” (Rasi, 2008).

Com certa versatilidade, os VANT's também veem sendo utilizado na fotogrametria agrícola, contribuindo para a agricultura de precisão. Atualmente, estão sendo utilizados para detecção de danos fitossanitários envolvendo: deficiências nutricionais, incidência de ervas daninhas, ataques de insetos e também infecção de patógenos. Além do mais, os Vant's podem ser acoplados a câmeras especiais, como as NIR (Near Infrared/Infravermelho próximo). As câmeras NIR geram imagens multiespectrais coloridas e simultaneamente podem fornecer o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada”(NDVI), que servirão como indicadores de qualidade e fitossanidade do cultivo (Gitelson et al. 2002; Du et al. 2008; Gonzáles-Dugo et al. 2013).



Figura 9. VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) Ebee Ag (Sense Fly) utilizado nos ensaios. O drone Ebee AG vem acoplado com lente NIR (Near Infrared - Infravermelho Próximo) para a captação de fotografias em NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). **Prisma Inteligência Agronômica, 2024.**

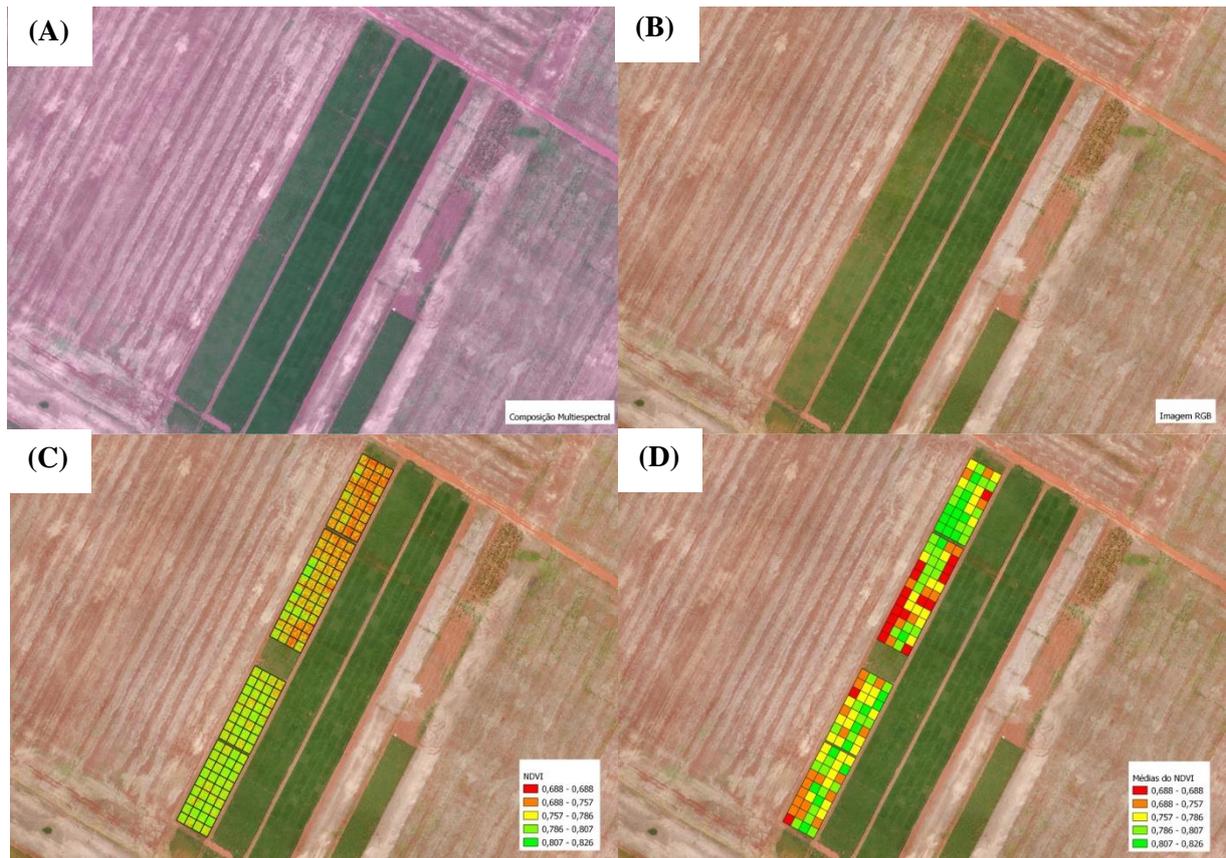


Figura 10. Fotografias capturadas pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® A: composição multiespectral; B: imagem RGB (additive primary colors: red, green, blue); C e D: NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agrônômica®, 2022.

2.6.4 Componentes de Produtividade

A produtividade da soja foi mensurada, a partir da colheita da área útil da parcela (linhas centrais 3 e 5 = 8 m²). As plantas das linhas centrais foram retiradas manualmente, postas em trechos e trilhadas em trilhador estacionário. O montante de grãos resultante de cada parcela foi acondicionado em sacos de pano etiquetados e transportados até o laboratório de sementes da Agro Carregal®, onde posteriormente foi realizado a pesagem geral, conferência de umidade e separação da massa de mil grãos (MMG).



Figura 11. (A): Colheita manual de parcela, com a formação dos trechos com plantas pertencentes às linhas centrais; (B): Trilhador; (C): grãos de soja já trilhados que serão pesados (produtividade); (D): processo de separação e análise do MMG (massa de mil grãos). **Baldo, 2022.**

2.7 Análise de dados

Os tratamentos dos ensaios UnB 01 e UnB 02 e a metodologia de aplicação empregados foram os mesmos, conduzidos na estação Agro Carregal®, nas safras 2022/23 e 2023/24. As análises estatísticas foram realizadas com o software estatístico SISVAR® (versão 5.6), com o teste para comparação de médias (método Scott-Knott, a nível de 5%) e ANOVA (análise de variância).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições ambientais dos dois experimentos (UnB 01 e UnB 02) foram propícias ao desenvolvimento da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), que em associação à semeadura tardia e histórico de ocorrência da FAS na estação experimental Agro Carregal®, favoreceram severidades altas da doença.

As variáveis AACPD (Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença), NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - Green Seeker Handheld Trimble® e VANT eBee Ag®), produtividade e massa de mil grãos (MMG) foram significativamente afetadas pelos fungicidas químicos e também pela diferenciação das cultivares suscetível e resistente.

3.1 Área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática (AACPD)

A AACPD foi consideravelmente afetada pelos tratamentos fungicidas químicos nas duas cultivares. A ferrugem asiática (FAS) foi reduzida significativamente em resposta à aplicação dos fungicidas químicos, independente do fungicida, em relação ao tratamento testemunha (tabelas 11 e 12).

Nos presentes trabalhos, a cultivar TMG 7063® apresentou menor severidade em todos os tratamentos comparativos, com a característica de lesões RB (redish- brown) e menor esporulação (grande intensidade de pústulas apresentando RH) em relação a cultivar BMX Foco®, que evidenciou grande quantidade de lesões TAN e intensa esporulação (tabelas 17 e

18). Em estudo realizado por Carlos et al. (2019), a cultivar TMG 7062 Inox também apresentou severidades inferiores em relação às demais cultivares convencionais/suscetíveis. O autor relata diferenças significativas tanto em programas de manejo com aplicações de fungicidas, quanto sem aplicação de fungicidas, em duas épocas de cultivo.

O tratamento com o fungicida sítio-específico isolado Fox Xpro (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem) proporcionou melhores resultados, proporcionais a quantidade de aplicações. Nesse sentido, o acréscimo de aplicações, variando de uma aplicação a quatro promoveram menores severidades nos tratamentos fungicidas, sendo que apenas uma aplicação isolada (60 DAE) demonstrou maior severidade e menores notas foram obtidas em quatro aplicações (30, 45, 60 e 75 DAE). Godoy e Henning (2008), avaliando o efeito da aplicação de fungicidas no controle da ferrugem da soja, verificaram que apenas uma aplicação de trifloxistrobina + tebuconazol não foi suficiente para controlar eficientemente a doença, em função do pequeno residual da formulação, refletindo em um maior valor de AACPD. Ademais, os tratamentos com programas com três ou mais aplicações de fungicidas sítio específicos foram os tratamentos com menor progresso da ferrugem.

Em relação a cultivar suscetível BMX Foco®, o tratamento com uma aplicação de Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (60 DAE) e com duas aplicações (30 e 45 DAE) não obtiveram diferenças significativas entre si. Em trabalho realizado por Zambiazzi et al. (2018), foram evidenciados melhor controle da ferrugem da soja com manejo utilizando maior quantidade de aplicações durante o ciclo da cultura, com ganho médio de 170 kg.ha¹ por aplicação, esses mesmos ganhos se perduraram até o quantitativo de cinco aplicações.

Nos dois materiais, os tratamentos 6 - [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE), 7 - [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Clorotalonil (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE) e 8 - [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE) apresentaram melhores eficiências no controle da doença, em relação aos tratamentos com aplicações isoladas dos fungicidas específicos, variando de 1 a 4 aplicações. Atualmente, é consolidada a resistência fúngica aos principais ingredientes ativos do grupo químico dos triazóis e triazontilione, com mutações ocorrendo nas posições F120L, Y131H, Y131F, I145F, K142R, I475T do patógeno *P. pachyrhizi*. Em relação ao ingrediente ativo protioconazol, o mesmo também perdeu eficiência de controle nas últimas safras. Essa reação pode ser um indicativo de que o uso intensivo de protioconazol nos últimos anos,

especialmente no Brasil, selecionou a combinação das mutações F120L (fenilalanina - leucina), Y131F (tirosina - fenilalanina) e a recente mutação V130A (valina - alanina). Portanto, a utilização intensiva do protioconazol nos campos de soja, pode ter causado uma menor sensibilidade do fungo aos DMI's (inibidores da desmetilação) do grupo 1 (protioconazol e ciproconazol) (Jiang & Yin 2022; FRAC, 2023).

Dentre os posicionamentos, os tratamentos com apenas 3 aplicações de fungicida específico mistura tripla com 2 aplicações de multissítio surtiram maior efeito na redução da severidade, em comparação com 4 aplicações de fungicidas sítio específico, ficando evidente a importância da utilização dos fungicidas multissítios nos programas de aplicações para controle da FAS. Segundo Alves & Juliatti (2018), a utilização de fungicidas multisítios associados a fungicidas específicos pode ser empregada como estratégia para reduzir a pressão de seleção direcional do patógeno e surgimento de novas populações fúngicas resistentes, através da atuação em vários sítios da célula fúngica.

Nas duas épocas e nas duas cultivares, conforme mencionado, os tratamentos com associação de fungicidas sítio-específico e multissítios foram os que apresentaram as menores taxas de AACPD e dentre os mesmos, o tratamento 6 - [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE) apresentou os melhores resultados, seguido dos tratamentos 8 - [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE) e 7 - [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Clorotalonil (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE). Os tratamentos com associação de fungicidas específicos e multissítios apresentaram melhor eficiência de manejo da FAS, em comparação com tratamentos envolvendo fungicidas específicos isolados. Os fungicidas multissítios em uso com fungicidas específicos tem apresentado variações de 50% a 80% no controle da doença (Godoy et al. 2018; Chechi, 2019). Os fungicidas multissítios, a exemplos, mancozebe (ditiocarbamatos), clorotalonil (isoflotalonitrila) e oxicloreto de cobre (cúpricos), agem generalizadamente em vários sítios metabólicos da célula fúngica, pois são fungicidas protetores e de contato, com amplo espectro de ação. Por tais particularidades, o modo de ação dos mesmos, associado a fungicidas específicos, contribui para maior eficiência no controle da FAS e manejo da resistência fúngica (Reis et al., 2007; Zambolim, 2007 Reis et al., 2017).

É válido ressaltar que os tratamentos contendo duas ou mais aplicações de Fox Xpro® (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem), apresentaram fitotoxicidade, possivelmente

causadas pela concentração de 175 g/L do ingrediente ativo protioconazol (grupo químico: triazóis) (Anexos II e X). O fungicida protioconazol (triazol), pode interferir atuar na síntese de giberelina e de esteróis, podendo gerar prejuízo da fotossíntese e resposta da planta a espécies reativas de oxigênio (H₂O₂), com danos em tecidos e visualmente sintomas de fitotoxicidade. Além do mais, alguns fatores podem contribuir ou intensificar os sintomas de fitotoxicidade, como exemplos: temperaturas altas (horário de aplicação), utilização de óleo, estresse hídrico, sensibilidade da cultivar, concentrações do ingrediente ativo, doses inadequadas, entre outros (Del Rio et al. 2006; Navrot et al. 2007; Gill et al. 2010; Dias et al. 2012; Madalosso et al. 2014; Baibakova et al. 2019).

Tabela 11. Área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática (AACPD) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaios UnB 01 e UnB 02 -Época 1 (safra 2021/22).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8
TMG	946,87aE	605,81aD	473,43aC	492,75aC	385,31aB	227,62aA	319,12aB	318,00aB
BMX	1323,75bD	706,87bC	705,00bC	519,37bB	525,93bB	304,68aA	560,62bB	510,93bB

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Clorotalonil (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Oxiclreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE).

Tabela 12. Área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática (AACPD) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaios UnB 01 e UnB 02 - Época 2 (safra 2022/23).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8
TMG	1875aG	1492,5aF	1387,5aE	1346,25aD	1140aB	1057,5aA	1331,25aD	1185aC
BMX	2962,5bG	2602,5bF	2500,75bE	1942,5bB	1975,5bB	2010bD	1758,75bA	1980bC

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil 3(0, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE).

3.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

O índice de vegetação das plantas de soja, mensurados pelo aparelho Green Seeker Handheld Trimble® e fotografias capturadas pelo drone Bee Ag®, foi significativamente afetado pelas duas cultivares.

Em ambas cultivares, os tratamentos 6 - [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE) e 7 - [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil 3(0, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE) e 8 Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE) apresentaram os melhores resultados, devido a presença de fungicidas multissítios associados aos fungicidas específicos. Os fungicidas específicos e multissítios associados promovem determinada supressão do patógeno, diminuindo o progresso da doença e conseqüentemente promovendo menor cobertura foliar degradada. Portanto, em tratamentos com tais fungicidas, os sensores infravermelho NDVI apresentam valores superiores, em semelhança com estudo realizado por Hikishima et al. (2010).

Os tratamentos 2 [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE)] e 3 [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (45 e 60 DAE)] envolvendo uma e duas aplicações isoladas de fungicidas específicos, apresentaram os menores índices de vegetação, por possíveis danos fotossintéticos causados pelo *Phakopsora pachyrhizi*. Uma ou duas aplicações de fungicidas específicos isolados não apresentam controles satisfatórios da

ferrugem asiática, e a ineficiência desse programa de manejo também foi evidenciado nas taxas de índice de vegetação. Essas relações podem ser explicadas por respostas espectrais no infravermelho próximo (entre 700 e 1.100 nm) da vegetação danificada. O NDVI forneceu reflectâncias fundamentadas na quantidade considerável de lesões causadas pelo fungo, gerando menor área fotossintética, desfolha e senescência antecipada (Ashourloo & Huete, 2014)

No experimento envolvendo a cultivar TMG 7063®, o tratamento 5 - [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE)], envolvendo quatro aplicações isoladas dos fungicidas específicos apresentou menor índice foliar que os tratamentos 6, 7 e 8, os quais foram realizados com apenas três aplicações de fungicidas específicos, mas com a associação de duas aplicações de fungicidas multissítios, posicionados em 45 e 60 dias após a emergência (DAE). Programas com aplicações associadas de fungicidas específicos e multissítios geram melhor controle da doença, em comparação com aplicações isoladas de fungicidas específicos. Nesse sentido, os tratamentos associados corroboram em uma maior proteção, qualidade fotossintética e principalmente retenção verde, o que reflete em melhor sanidade foliar e maior refletância NDVI (Frank, 2007; Ashourloo & Huete, 2014).

Na primeira época, os índices de vegetação da cultivar BMX® foram maiores do que os índices de vegetação da cultivar resistente, variando o NDVI de 0,39 (testemunha) a 0,69 (tratamento 8), em comparação com níveis de NDVI de 0,34 (testemunha) a 0,64 (tratamento 8) da variedade TMG 7063 Inox®. Na segunda época, o NDVI da cultivar TMG® evidenciou melhores resultados em índice de vegetação, com variações de 1,22 (tratamento 2) a 1,32 (tratamento 8). O material BMX® apresentou resultados variando de 1,12 (tratamento 2) a 1,28 (tratamento 8). As cultivares denominadas Inox, com genes de resistência Rpp's, comumente apresentam menores severidades de ferrugem, com menor esporulação, devido a respostas fisiológicas de defesa (reação de hipersensibilidade - RH) e conseqüente menor progresso da doença. Entretanto, costumam ser materiais com maiores níveis de espectro médio de reflectância, em relação a materiais convencionais, onde a ocorrência da ferrugem asiática costuma ser mais agressiva (Naue, 2010).

O tratamento 2 [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE)], na segunda época, evidenciou a menor taxa de NDVI em relação aos demais tratamentos, inclusive com taxas menores que a própria testemunha. Possivelmente, tal efeito esteja relacionado ao estresse causado por fitotoxicidade pelo protiocanazol e simultaneamente com a baixa

eficiência de controle, não afetando na redução da colonização e reprodução do patógeno. De acordo com Godoy et al. (2018), apenas uma aplicação de fungicida específico não é suficiente no controle da ferrugem asiática, gerando uma maior concentração de inóculo. Ao analisar a cobertura foliar e obter os valores NDVI, o tratamento com apenas uma aplicação evidencia um menor teor de clorofila e maior desfolha, proporcionando índices baixos de vegetação (Naue et al. 2010).

É essencial salientar, que na primeira época de avaliação houve uma discrepância no ciclo dos dois materiais, em que a cultivar suscetível BMX Foco® (GM: 7.2) possui 0.2 graus a mais no seu grupo de maturação do que a cultivar resistente TMG 7063® (GM: 7.0). Portanto, houve alongamento do ciclo em alguns dias do material BMX®, gerando maior índice de vegetação por fatores fisiológicos e genéticos e não pela ferrugem asiática. Segundo Goelnner (2010), Zeiger & Taiz (2013), a maturação de plantas, desfolha e consequente senescência ocorre fisiologicamente pelo grupo de maturação da cultivar, determinando o ciclo em dias, o que pode ser acelerado por outros fatores, como problemas fitossanitários.

Tabela 13. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 3 (14/03/2022) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaios UnB 01 e UnB 02 - Época 1 (safra 2021/22).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8
TMG	0,34aA	0,45aB	0,46aC	0,56aC	0,49aD	0,63aD	0,56aD	0,64aD
BMX	0,39aA	0,55bC	0,56bB	0,57aC	0,64bB	0,64aD	0,67bC	0,67aD

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil 3(0, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE).

Tabela 14. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 5 (14/03/2022) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaios UnB 01 e UnB 02 - (safra 2012/22).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8
TMG	0,37aA	0,50aB	0,48aB	0,53aB	0,51aC	0,58aB	0,50aC	0,62aC
BMX	0,39aA	0,53aB	0,55aB	0,54aB	0,66bB	0,61aC	0,68bB	0,69aC

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil 3(0, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE).

Tabela 15. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 3 (11/03/2023) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaios UnB 01 e UnB 02 -Época 2 (safra 2022/23).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8
TMG	1,30bC	1,26bA	1,27bB	1,31bD	1,30bC	1,32bF	1,31bE	1,32bF
BMX	1,17aB	1,12aA	1,17aC	1,25aF	1,23ad	1,23aE	1,26aG	1,28aH

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil 3(0, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE).

Tabela 16. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 5 (11/03/2023) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaios UnB 01 e UnB 02 - Época 2 (safra 2022/23).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8
TMG	1,24bB	1,22bA	1,26bC	1,28bD	1,30bE	1,28bD	1,30bF	1,32bG
BMX	1,14aC	1,12aA	1,13aB	1,18aF	1,17aE	1,15aD	1,17aE	1,23aG

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil 3(0, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE).

Em complementariedade ao NDVI do Green Seeker Handheld Trimble®, o presente trabalho também teve fotografias capturadas pelo VANT (Veículo Aéreo não Tripulável) eBee Ag®. Os resultados das médias de NDVI evidenciaram a cultivar TMG 7063® (UnB 02) possuindo maiores médias em relação a cultivar BMX Foco® (UnB 01). Dessa forma, médias variando de 0,807 a 0,826 são mais frequentes no plot da UnB 02. As cultivares denominadas Inox®, possuem resistência parcial ao patógeno *P. pachyrhizi*, e comparativamente com materiais suscetíveis, costumam apresentar menores severidades e melhor qualidade fotossintética, ocasionando maior reflectância (Wang et al. 2003).

No ensaio experimental UnB 02, fica evidente a diferença de índices de vegetação nos cinco primeiros tratamentos, onde foram utilizados um screening de aplicações isoladas do fungicida específico Fox Xpro® (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem), variando de uma a quatro aplicações, com os tratamentos sequenciais (5, 6 e 7), que foram submetidos a três aplicações de fungicidas específicos, porém com adição de duas aplicações de fungicidas multissítios associados. Logo, é evidente a importância do uso dos multissítios nos programas de aplicações, podendo contribuir para menores onerosidades relacionadas ao produtor. Os fungicidas protetores/multissítios adicionados com os específicos geralmente promovem menor índice de áreas infectadas com ferrugem, gerando melhores resultados na reflectância por NDVI (Cui et al. 2019).

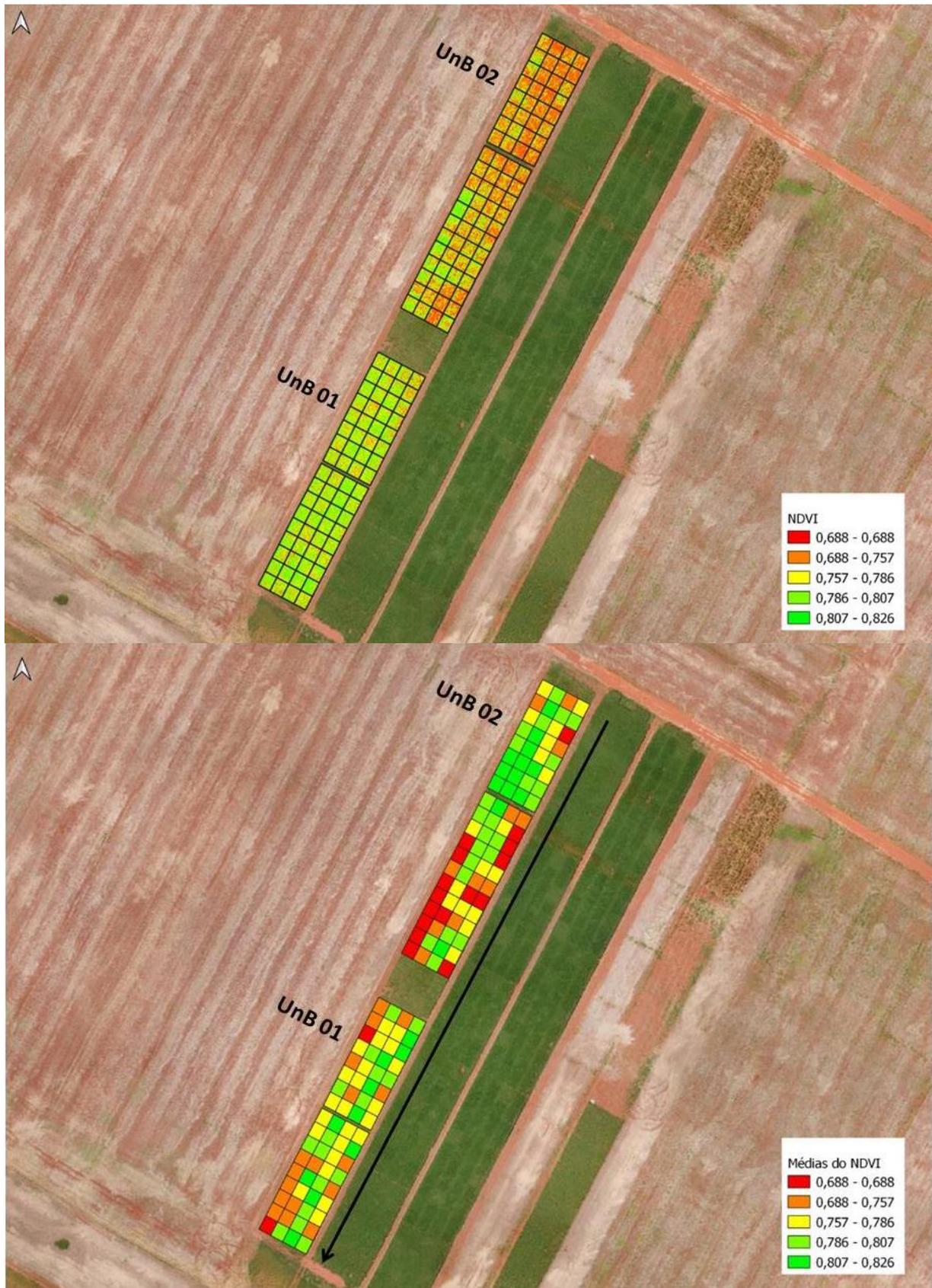


Figura 12. Fotografias NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M®. As fotografias obtidas por NIR, demonstram a divisão dos protocolos, com quatro blocos casualizados e mensuração de vegetação de cada tratamento. A disposição dos tratamentos em croqui e as médias constadas

de NDVI estão em figuras seguintes. Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agronômica®, 2022.
(UnB 01 e UnB 02 - época 1).

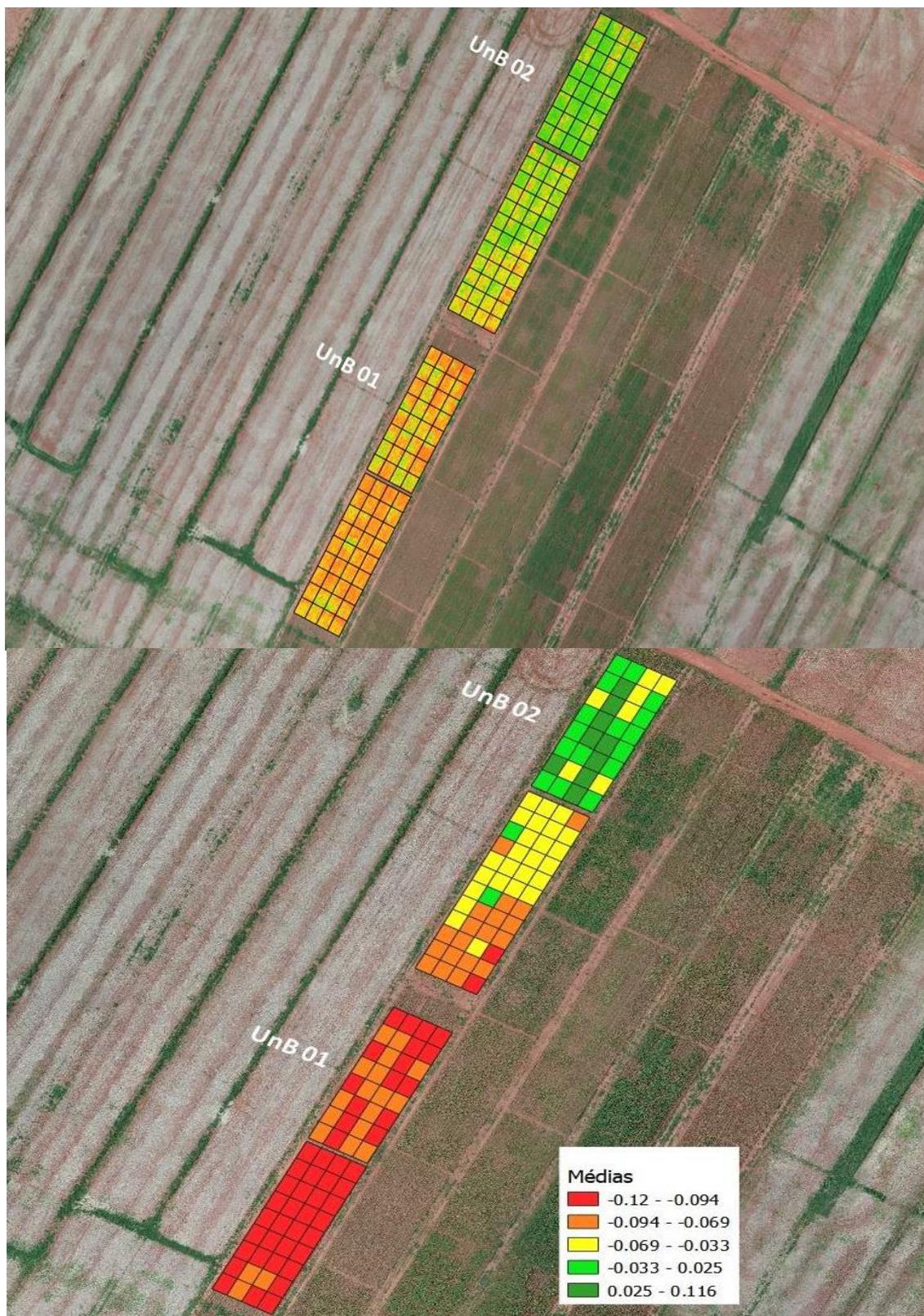


Figura 13. Fotografias NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M®. As fotografias obtidas por NIR demonstram a divisão dos protocolos, com quatro blocos casualizados e mensuração de vegetação de cada tratamento. A disposição dos tratamentos em croqui e as médias constadas de NDVI estão em figuras seguintes. Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agronômica®, 2023. (UnB 01 e UnB 02 - época 2).

4	1	6	5
8	2	7	3
6	3	5	1
1	4	8	7
7	5	4	2
2	6	3	8
3	7	1	6
5	8	2	4

Figura 14. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 01 (Época 1 - Cultivar Brasmax FOCO IPRO®). Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil 3(0, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE). Faixas de vegetação (NDVI): vermelho (0,688); laranja (0,688 - 0,757); amarelo (0,757 - 0,786); verde musgo (0,786 - 0,807); verde escuro (0,807 - 0,826).

4	1	6	5
8	2	7	3
6	3	5	1
1	4	8	7
7	5	4	2
2	6	3	8
3	7	1	6
5	8	2	4

Figura 15. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 01 (Época 2 - Cultivar Brasmax FOCO IPRO®). Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Clorotalonil 3(0, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE). Faixas de vegetação (NDVI): vermelho (0,12 - 0,094); laranja (0,094 - 0,069); amarelo (0,069 - 0,033); verde musgo (0,033 - 0,025); verde escuro (0,025 - 0,116).

4	1	6	5
8	2	7	3
6	3	5	1
1	4	8	7
7	5	4	2
2	6	3	8
3	7	1	6
5	8	2	4

Figura 16. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 02 (Época 1 - cultivar TMG 7063 Inox IPRO®). Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Clorotalonil 3(0, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE). Faixas de vegetação (NDVI): vermelho (0,688); laranja (0,688 - 0,757); amarelo (0,757 - 0,786); verde musgo (0,786 - 0,807); verde escuro (0,807 - 0,826).

4	1	6	5
8	2	7	3
6	3	5	1
1	4	8	7
7	5	4	2
2	6	3	8
3	7	1	6
5	8	2	4

Figura 17. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 02 (Época 2 - cultivar TMG 7063 Inox IPRO®). Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil 3(0, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Oxiclureto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE). Faixas de vegetação (NDVI): vermelho (0,12 - 0,094); laranja (0,094 - 0,069); amarelo (0,069 - 0,033); verde musgo (0,033 - 0,025); verde escuro (0,025 - 0,116).

3.3 Componentes de produtividade

A ferrugem asiática foi a principal responsável pelas variações na produtividade dos tratamentos envolvendo controle químico e genético. Os tratamentos fungicidas implementaram consideravelmente a produtividade da cultura. Todas as parcelas com fungicidas apresentaram maior produtividade que o tratamento testemunha.

As diferenças em produtividade entre as duas cultivares foi discrepante, conferindo maiores rendimentos pela cultivar TMG 7063® (resistente). Em estudo realizado por Negrisoni et al. (2022), a cultivar TMG 7063® obteve severidades menores da doença, tanto

para o manejo com aplicações calendarizadas, quanto sem aplicações durante o ciclo. Ademais, a cultivar com a tecnologia Inox® evidenciou menor severidade em todas as estratégias de aplicação.

No ensaio envolvendo a cultivar BMX Foco®, o tratamento 6 - [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE) proporcionou a maior produtividade dentre os tratamentos fungicidas, tendo acréscimo de 12,73% em relação a testemunha, na primeira época. Referente a segunda época, o tratamento 7 - [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE) proporcionou o maior incremento, com acréscimo de 17,89% em relação ao controle. Os fungicidas específicos e multissítios associados, comumente reduzem a severidade da doença, promovem a manutenção no teor de clorofila e resultam na redução do amarelecimento e senescência antecipada das plantas, prolongando a atividade fotossintética da planta. Logo, plantas com uma maior concentração de clorofila ao longo do ciclo, acumulam maior quantidade de fotoassimilados e conseqüente maior massa de grãos, interferindo na produtividade final (Freitas, 2014). Cerezolli et al. (2018), analisando tratamentos com associações de fungicidas específicos e multissítios (mancozebe, clorotalonil e oxicloreto de cobre), relatou rendimentos variando de 5346 a 6098 kg ha⁻¹ (89 a 102 sc ha⁻¹), em contraste com 4892,4 kg ha⁻¹ (81 sc ha⁻¹) da testemunha.

Tabela 17. Avaliação de componente de produtividade (peso de parcela - área útil de 8 m²) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaios UnB 01 e UnB 02 - Época 1 (safra 2021/22).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8
BMX	863,7aA	962,aA	966,2aA	1067,5aA	1062,5aA	1101,2aA	1030aA	1002,5aA
TMG	1470bA	1600bA	1705bB	1677,5bB	1733,7bB	1747,5bB	1747,5bB	1728,7bB

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE).

Tabela 18. Avaliação de componente de produtividade (peso de parcela - área útil de 8 m²) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaios UnB 01 e UnB 02 - Época 2 (safra 2022/23).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8
BMX	622aA	500aA	660aA	977aA	1037aA	1110aA	1113aA	982aA
TMG	1550bA	1383bA	1413bA	1673bB	1625bB	1720bb	1852bB	1703bB

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil 3(0, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE).

A massa de mil grãos (MMG), em semelhança com as outras variáveis, também foi significativamente influenciada pela ocorrência da FAS. Na análise dos ensaios UnB 01 (BMX Foco®) e UnB 02 (TMG 7063®), foi demonstrado que todos os tratamentos da cultivar TMG®, inclusive a testemunha, tiveram maiores massas de mil grãos do que a cultivar suscetível BMX Foco®, presumivelmente devido a menores valores da AACPD. Vilela et al. 2019 relatou que considerando a interação cultivar x ambiente, foram observadas produtividades e MMG médias maiores da TMG 7063® em todos os ambientes expostos.

Na primeira época, as variações médias dos tratamentos do material TMG foram de 141,53 g (testemunha) a 156,47 g, referente ao tratamento 8 - [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE). O material BMX® apresentou médias variando de 96,39 g (testemunha) a 105,49 (tratamento 8). Na segunda época, a cultivar resistente TMG® apresentou MMG variando de 117,87 (testemunha) a 143,90 [tratamento 4 - Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE)]. Quanto a cultivar suscetível, evidenciou médias variando de 85,24 (testemunha) a 93,08, referente ao tratamento 7 - [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE). Em estudo realizado por Siqueri et al. (2011), na avaliação realizada aos 31 DAT (dias após a aplicação em R1 - primeira flor aberta), a testemunha da cultivar TMG 803 Inox® encontrava-se com apenas 0,1% de severidade, enquanto a testemunha da cultivar convencional (MSOY 8866®) encontrava-se com 6,1% de área foliar atacada. Na avaliação de 44 DAT, a TMG 803® apresentou 3% de severidade, em contraste

com 69% da MSOY 8866®. A área lesionada refletiu em menor produtividade, a testemunha apresentando 117,9 g e os tratamentos da variedade resistente apresentaram MMG variando de 128,5 g e 132,8 g. Já na cultivar convencional da Monsoy, a testemunha obteve 90,8 g de MMG e os tratamentos variando de 97,6 a 116,3 gramas.

O maior incremento de MMG pela cultivar TMG 7063® ocorreu com a associação [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem - 30, 45 e 60 DAE] + Mancozebe (45 e 60 DAE). O princípio ativo mancozebe (Etileno bisditiocarbamato de Mn e Zn) é um importante fungicida multissítio, que além de atuar como agente quelante e interferente na produção de ATP do fungo, também possui efeito fisiológico na planta, com efeito nutricional/verde nas folhas e redutor de fitotoxicidade. Ademais, o mancozebe carrega em suas moléculas, elementos ligados, como zinco (Zn) e manganês (Mn), estando associados ao “efeito verde” e consequentes maiores produtividades (Hwang et al. 2003; Gullino et al. 2010; Dias et al. 2014; Marques et al. 2017).

Em relação a BMX Foco®, o maior incremento ocorreu na associação [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem - 30, 45 e 60 DAE] + Clorotalonil (45 e 60 DAE). Portanto, fica evidente a importância dos multissítios na proteção contra infecções e estabelecimento do *P. pachyrhizi*, que diminuindo a pressão do patógeno, há maior conservação de área fotossintética e maior peso final de grãos (Reis et al. 2017). O aumento na MMG nas associações, se comparadas aos fungicidas específicos isolados, está relacionada com a redução da área foliar lesionada, pois as combinações de fungicidas promovem o aumento do número de sítios metabólicos do fungo afetados pelos princípios ativos distintos, ocorrendo o controle da doença (Godoy et al. 2018).

Tabela 19. Avaliação de massa de mil grãos (MMG) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaios UnB 01 e UnB 02 -Época 1 (safra 2021/22).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8
BMX	96,38aA	96,21aA	101,66aB	104,31aB	102,81aB	106,57aB	101,85aB	105,49aB
TMG	141,53bA	145,84bB	151,44bC	149,06bB	152,94bC	155,97bC	153,57bC	156,47bC

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem

(30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE).

Tabela 20. Avaliação de massa de mil grãos (MMG) em tratamentos com fungicidas químicos em cultivar resistente (TMG 7063®) e suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 01 e UnB 02 -Época 2 (safra 2022/23).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8
BMX	85,24aA	88aA	87,65aA	89,88aB	92,93aB	92,27aB	93,08aB	91,58aB
TMG	117,87bA	118,9bA	120,99bA	143,90bB	133,21bB	134,14bB	133,16bB	132,16bB

Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Clorotalonil (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Oxicloreto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE).

4. CONCLUSÕES

O controle químico permanece como uma importante estratégia de manejo da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). A utilização de fungicidas específicos isolados, mesmo em maior quantidade de aplicações, resultou em menor controle da FAS em relação a associação com fungicidas multissítios. Dentre as associações, o multissítio mancozebe, do grupo químico ditiocarbamato, apresentou os melhores resultados nas variáveis analisadas.

A complementação do controle químico com cultivar Rpp's (TMG 7063®), evidenciou como uma técnica válida para regiões com alta pressão do patógeno e também plantios tardios, proporcionando produtividades maiores em todos os tratamentos em relação ao material suscetível.

LITERATURA CITADA

AGRO TRIMBLE. Disponível em: <https://agro.trimble.com.br/product/greenseeker-porttil/>. Acesso em: 15/julho/2024.

ALVES, Viviane Moreira; JULIATTI, Fernando Cezar. 2018. Fungicidas no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura." *Summa Phytopathologica* 44, 245-251.

ASHOORLOO, D.; MOBASHERI, M. R.; HUETE, A. 2014. Evaluating the effect of different wheat rust disease symptoms on vegetation indices using hyperspectral measurements. *Remote Sensing, Basel*, v. 6, n. 6, p. 5107-5123.

BAIBAKOVA, EKATERINA V. et al. 2019. "Modern fungicides: Mechanisms of action, fungal resistance and phytotoxic effects." *Annual Research & Review in Biology* 32.3, 1-16.

CARLOS, ANDR BAHRY et al. 2020. Analysis of combined strategies for the management of Asian soybean rust. *African Journal of Plant Science*, v. 14, n. 8, p. 297-307.

CHECHI, A. 2019. Sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas, lixiviação pela chuva, volume de calda e tamanho de gota no controle da ferrugem em soja. Tese (Doutorado

CUI, D., ZHANG, Q., LI, M., ZHAO, Y., & HARTMAN, G. 2009. Detection of soybean rust using a multispectral image sensor. *Journal Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*, v. 3, n. 1, p. 49-56.

DEL RIO, L.A., SANDALIO, L.M., CORPAS, F.J., PALMA, J.M., BARROSO, J.B. 2006. Reactive oxygen species and reactive nitrogen species in peroxisomes. Production, scavenging and role in cell signaling. *Plant Physiol.* 141(2), 330-335.

DIAS, M.C. 2012. Phytotoxicity: An overview of the physiological responses of plants exposed to fungicides. *Journal of Botany* 2012, ID 135479, 1-4.

DIAS, M.C., FIGUEIREDO, P., DUARTE, I.F., GIL, A.M., SANTOS, C. 2014. Different responses of young and expanded lettuce leaves to fungicide mancozeb: chlorophyll fluorescence, lipid peroxidation, pigments and proline content. *Photosynthetica* 52(1), 148-151.

DU, Q.; RAKSUNTORN, N.; ORDUYILMAZ, A.; BRUCE, L. M. 2008. Automatic registration and mosaicking for airborne multispectral image sequences. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 74, n. 2, p. 169-181ed. 97. 15 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA Embrapa Soja. Soja em números (safra 2018/19). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

FONSECA, D. R. S. 2108. Associação de fungicidas multissítio e PH na calda de pulverização no controle de ferrugem asiática. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade de Rio Verde, Rio Verde.

FRAC. 2023. Recomendações para o uso de triazois e triazolintione no manejo de doenças em soja. https://www.frac-br.org/_files/ugd/6c1e70_d271fc6fa373483aa6986840e82e42fe.pdf Acesso em: 04/setembro/2024.

FRANKE, J.; MENZ, G. 2007. Multi-temporal wheat disease detection by multi-spectral remote sensing. *Precision Agriculture*, New York, v. 8, n. 3, p. 161-172.

DE FREITAS FILHO, A.M. 2014. Fungicidas de efeitos fisiológicos no desenvolvimento de plantas de pimentão enxertadas e não enxertadas sob cultivo protegido. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 54 p.

GILL, S.S., TUTEJA, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol. Bioch.* 48(12), 909-930.

GITELSON, A. A.; ZUR, Y.; CHIVKUNOVA, O. B.; MERZLYAK, M. N. 2002. Assessing carotenoid content in plant leaves with reflectance spectroscopy. *Photochemistry and Photobiology*, v. 75, p. 272-281

GODOY, C. V. et al. 2018. Eficiência de fungicidas multissítios no controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/18: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Embrapa Soja, 17 p.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. de O. N.; DIAS, A. R.; DEUNER, C. C.; PIMENTA, C. B.; BORGES, E. P.; SIQUERI, F. V.; JULIATTI, F. C.; JULIATTI, F. C.; FAVERO, F.; ARAÚJO JÚNIOR, I. P.; GRIGOLLI,

J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; CARREGAL, L. H.; SATO, L. N.; DEBORTOLI, M. P.; MARTINS, M. C.; BALARDIN, R. S.; MADALOSSO, T.; CARLIN, V. J.; VENÂNCIO, W. S. 2018. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/2018: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, CT 138, 17 p.

GODOY, C.V.; HENNING, A. A. 2008. Tratamento de semente e aplicação foliar de fungicidas para o controle da ferrugem-da-soja. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.43, n.10, p.1297-1302.

GOELLNER, K. et al. 2010. *Phakopsora pachyrhizi*, the causal agente of Asian soybean rust. Molecular Plant Pathology, v. 11, n. 2, p. 169-177.

GONZÁLEZ-DUGO, V.; ZARCO-TEJADA, P. J.; NICOLÁS, E.; NORTES, P. A.; ALARCÓN, J. J.; INTRIGLIOLO, D. S.; FERERES, E. 2013. Using high resolution UAV thermal imagery to assess the variability in the water status of five fruit tree species within a commercial orchard. Precision Agriculture, v. 14, n. 6, p. 660-678.

GULLINO, M.L., TINIVELLA, F., GARIBALDI, A. 2010. Mancozeb: Past, Present and Future. Plant Dis. 94(9), 1076-1087.

HIKISHIMA, MARCELI, et al. 2010. Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de refletância e produtividade no patossistema ferrugem asiática da soja." Tropical Plant Pathology 35, 96-103.

HWANG, E.S. CASH, J.N.; ZABIK, M.J. 2003. Determination of degradation products and pathways of mancozeb and ethylenethiourea (ETU) in solutions due to ozone and chlorine dioxide treatments. Journal of Agriculture and Food Chemistry, v.514 p.1341-1346.

JIANG Y, YIN J. 2022. Analysis on global registrations, formulas and market situation of prothioconazole products. AgroNews. <https://news.agropages.com/News/NewsDetail---41738.htm>. Acesso em: 04/setembro/2024

MADALOSSO MG, BALARDIN R, FAVERA DD, MARQUES LN, DEBORTOLI MP. 2014. Contra a fitotoxicidade (in Portuguese), Cultivar Grandes Culturas 179, 14-17.

MARINO, S.; ALVINO, A. 2014. Proximal sensing and vegetation indices for site-specific evaluation on an irrigated crop tomato. Eur. J. Remote Sens. 47, 271–283.

- MARQUES, LEANDRO NASCIMENTO. 2017. Mancozebe associado ao patossistema *Phakopsora pachyrhizi* × *Glycine max*: respostas fisiológicas das plantas. Diss. Universidade Federal de Santa Maria, 2017.
- MARTINS, J. A. S.; JULIATTI, F. C. 2014. Controle genético da resistência parcial a ferrugem asiática da soja. *Acta Scientiarum - Agronomy*, Maringá, v. 36, n. 1, p. 11-17.
- MELO, C. L. P. DE; ROESE, A. D.; GOULART, A. C. P. 2015. Tolerância de genótipos de soja à ferrugem-asiática. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 45, n. 8, p. 1353-1360.
- MELO, R. W. et al. 2008. An agrometeorological-spectral model to estimate soybean yield, applied to southern Brazil. *International Journal of Remote Sensing*, London, v. 29, n. 14, p. 4013-4028.
- NAUE, C. R. et al. 2010. Sensoriamento remoto como ferramenta ao estudo de doenças de plantas agrícolas: uma revisão. *Revista Brasileira de Geográfica Física*, Recife, v. 03, p. 190-195.
- NAVROT, N., ROUHIER, N., GELHAYE, E., JAQUOT, J.P. 2007. Reactive oxygen species generation and antioxidant systems in plant mitochondria. *Physiol. Plant.* 129(1), 185-195.
- NEGRISOLI, Matheus Mereb et al. 2022. Impact of Fungicide Application Timing Based on Soybean Rust Prediction Model on Application Technology and Disease Control. *Agronomy*, v. 12, n. 9, p. 2119.
- NTECH INDUSTRIES. Greenseeker Manuals. Disponível em: <http://www.ntechindustries.com/greenseeker-manual.html>. Acesso em: 15/julho/2022
- PADILLA, F.M.; GALLARDO, M.; PEÑA-FLEITAS, M.T.; DE SOUZA, R.; THOMPSON, R.B. 2018. Proximal optical sensors for nitrogen management of vegetable crops: A review. *Sensors* 18, 2083.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. 2007. Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos: Parêntese, 127 p.
- RASI, J. R. 2008. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em pulverização agrícola. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, PP. 70

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R. 2007. Fungicidas: aspectos gerais. Revista Plantio Direto, ed. 97. 15 p

REIS, M.R; REIS A.C; ZANNATA M; SILVA L.H; SIQUERI F.V. 2017. Evolução da redução da sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas e estratégia para recuperar a

ROUSE, J. W. et al. 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. Proceedings... Washington: NASA, p. 309-317.

SEIXAS C, D, S et al. 2020. Tecnologias de Produção de Soja, Editores técnicos. – Londrina : Embrapa Soja, 2020. 347 p.

SHTIENBERG D. 2007. The contribution of epidemiological research to plant disease management. Australasian Plant Pathology 36:510-515.

SIQUERI, F, V, et al. 2011. A nova cultivar Inox (TMG 803) em interação com o fungicida azoxystrobin & ciproconazole no controle da ferrugem asiática da soja. Biodiversidade 10.1. soja (*Phakopsora pachyrhizi*) na safra 2017/18: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina, Paraná. Circular Técnica 144. 17 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2013. Fisiologia Vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 918 p.

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA. 2006. Região central do Brasil 2007, Londrina PR. Embrapa Soja. Embrapa Cerrados. Embrapa Agropecuária Oeste.

VILELA, NELSON JÚNIOR DIAS. 2019. Estabilidade e manejo integrado visando ao controle de ferrugem asiática por meio do emprego de multilinhas. Dissertação - Universidade Federal de Lavras, pp. 95.

WANG, J.; RICH, P. M.; PRICE, K. P. 2003. Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA. International Journal of Remote Sensing, Nottingham, v. 24, n. 11, p. 2345-2364.

YAMANAKA, N. et al. 2013. Resistance to Asian soybean rust in soybean lines with the pyramided three Rpp genes. Crop Breeding and Applied Biotechnology, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 75-82.

YANG, X. B. 2002. Soybean rust: epidemiology and management. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2.; MERCOSOJA, Foz do Iguaçu. Perspectivas do agronegócio da soja: anais. Londrina: Embrapa Soja, p. 187.

YORINORI, J. T. 2002. Ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*): ocorrência no Brasil e estratégias de manejo. II Encontro brasileiro sobre doenças da cultura da soja. Aldeia Norte Editora p. 47-54.

YORINORI, J. T.; LAZZAROTTO, J. J. 2004. Situação da Ferrugem asiática no Brasil e na América do Sul. Embrapa Soja, Londrina, 27 p.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F. 2003. Ferrugem da soja: Identificação e Controle. Londrina: Embrapa Soja, 25 p.

ZAMBIAZZI, E. V. et al. 2018. Effects and management of foliar fungicide application on physiological and agronomical traits of soybean. Australian Journal of Crop Science, [S.l.], v. 12, n. 2.

ZAMBOLIM, L. 2007. Manejo da resistência de fungos a fungicidas. Departamento de Fitopatologia, UFV: 30-90.

CAPÍTULO 2

INTEGRAÇÃO DE FUNGICIDAS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA

INTEGRAÇÃO DE FUNGICIDAS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA

RESUMO

A ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) é a doença mais destrutiva da cultura da soja, podendo ocasionar perdas de até 90%, dependendo dos fatores ambientais, manejo e época de semeadura. Atualmente, existem estratégias amplamente difundidas no manejo da FAS, porém a associação de fungicidas biológicos com fungicidas químicos e resistência genética, ainda é uma área pouco estudada, principalmente pela pouca presença de biofungicidas no mercado. Os fungicidas biológicos começaram a ser inseridos comercialmente para o alvo *P. pachyrhizi* a partir da safra 2019/20. Nesse intuito, ensaios em campo foram realizados na localidade de Rio Verde - GO, nas safras 2021/22 e 2022/23, com o objetivo de avaliar a eficiência de fungicidas biológicos associados aos fungicidas químicos. A cultivar utilizada foi a Brasmax Foco IPRO® (grupo de maturação: 7.2; ciclo precoce: 108 dias; suscetível *P. pachyrhizi*). Os fungicidas químicos utilizados foram: Fox Xpro® [Trifloxistrobina/Estrobilurina + Protiocanazol/Triazol + Bixafem/Carboxamida (150 + 175 + 125 g i.a. ha⁻¹)], Cypress 400 EC® [Ciproconazol/Triazol + Difenconazol/Triazol (150 + 250 g i.a. ha⁻¹)], Aproach Prima® [Picoxistrobina/Estrobilurina + Ciproconazol/Triazol (200 + 80 g i.a. ha⁻¹)], Ativum® [Epoconazol/Triazol + Fluaxapiraxade/Carboxamida + Piraclostrobina/Estrobilurina (50 + 50 + 81 g i.a. ha⁻¹)], Unizeb Gold® [Mancozebe/Ditiocarbamato (720g i.a. ha⁻¹)], Bravonil 720® [Clorotalonil/Isoftalonitrila (720 g i.a. ha⁻¹)], Reconil® [Oxicloreto de Cobre/Cúprico (588 g i.a. ha⁻¹)] e Status® [(Oxicloreto de Cobre/Cúprico (588 g i.a. ha⁻¹)). Os fungicidas biológicos utilizados foram: Romeo SC® [Cerevisane LAS 117/Microbiológico (100 g i.a. ha⁻¹)] e Bio-Imune SC® [*Bacillus subtilis* BV02/Microbiológico (42 g i.a. ha⁻¹)]. Foram realizados 8 tratamentos fungicidas e 1 tratamento testemunha sem controle, incluindo tratamentos dispostos com a associação dos fungicidas biológicos e químicos. Os fungicidas biológicos também foram testados isoladamente em 4 aplicações (30, 45, 60 e 75 DAE - dias após a emergência) e posicionamento preventivo, com duas aplicações (30 e 45 DAE), conforme orientação das empresas detentoras. Foi mensurada a severidade da FAS em avaliações que ocorreram de 26/01 a 12/03/2022, nos seguintes momentos: pré-spray 1 (antes da primeira aplicação), 7 DAA¹ (dias após a primeira aplicação), 7 DAA² (dias após a segunda aplicação), 7 DAA³

(dias após a terceira aplicação), pré-spray 4, 7 DAA⁴ (dias após a quarta aplicação). Também foi avaliado a produtividade, MMG (massa de mil grãos), medição de vigor através de refletância por infravermelho (aparelho medidor: Green Seeker Handheld Trimble®) e fotografias NDVI/ Normalized Difference Vegetation Index (drone eBee Ag® - lente Sensefly Duet M®). A ferrugem foi o principal fator diferenciador das variáveis nos tratamentos fungicidas químicos e biológicos. Em relação a AACPD (Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença), os tratamentos 9 - [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE)] e 7 - *Bacillus subtilis* BV02 + (Picoxistrobina + Ciproconazol) + (Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina) + (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem) + (Ciproconazol + Difenconazol) (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE)], apresentaram as menores AACPD e melhores controles da doença. No que tange a variável NDVI, mensurada pelo aparelho de mão Green Seeker e fotografias por VANT (veículo aéreo não tripulável), os tratamentos 9 - [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE) e 5 - *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenconazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE) obtiveram os melhores índices de vegetação. Quanto à produtividade e massa de mil grãos, o tratamento 9 - [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE) se mostrou superior aos demais tratamentos fungicidas biológicos e químicos.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*; controle químico; controle biológico; resistência genética; triazol; estrobilurina; carboxamida; ditiocarbamato; isoftalonitrila; cúpricos; *Bacillus subtilis*; cerevisane LAS 117.

INTEGRATION OF BIOLOGICAL, CHEMICAL FUNGICIDES AND GENE RESISTANCE IN THE CONTROL OF SOYBEAN RUST

ABSTRACT

Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi*) is the most destructive disease of soybean crops, which can cause losses of up to 90%, depending on environmental factors, management and sowing time. Currently, there are widely disseminated strategies for managing FAS, however the association of biological fungicides with chemical fungicides and genetic resistance is still an area that has been little studied, mainly due to the limited presence of biofungicides on the market. Biological fungicides began to be commercially introduced to target *P. pachyrhizi* from the 2019/20 harvest. To this end, field trials were carried out in the town of Rio Verde - GO, in the 2021/22 and 2022/23 harvests, with the objective of evaluating the efficiency of biological fungicides associated with chemical fungicides. The cultivar used was Brasmax Foco IPRO® (maturation group: 7.2; early cycle: 108 days; susceptible *P. pachyrhizi*). The chemical fungicides used were: Fox 250 g a.i. ha⁻¹], Aproach Prima® [Picoxystrobin/Strobilurin + Cyproconazole/Triazole (200 + 80 g a.i. ha⁻¹)], Ativum® [Epoconazole/Triazole + Fluaxapyroxad/Carboxamide + Pyraclostrobin/Strobilurin (50 + 50 + 81 g a.i. ha⁻¹)], Unizeb Gold® [Mancozeb/Dithiocarbamate (720g a.i. ha⁻¹)], Bravonil 720® [Chlorotalonil/Isophthalonitrile (720 g a.i. ha⁻¹)], Reconil® [Copper Oxychloride/ Cupric (588 g a.i. ha⁻¹)] and Status® [(Copper Oxychloride/Cupric (588 g a.i. ha⁻¹)). The biological fungicides used were: Romeo SC® [Cerevisane LAS 117/Microbiológico (100 g a.i. ha⁻¹)] and Bio-Imune SC® [*Bacillus subtilis* BV02/Microbiológico (42 g a.i. ha⁻¹)]. Eight fungicide treatments and one control treatment without control were carried out, including treatments arranged with the combination of biological and chemical fungicides. Biological fungicides were also tested separately in 4 applications (30, 45, 60 and 75 DAE - days after emergence) and preventive positioning, with two applications (30 and 45 DAE), according to guidance from the holding companies. The severity of FAS was measured in assessments that took place from 01/26 to 03/12/2022, at the following moments: pre-spray 1 (before the first application), 7 DAA¹ (days after the first application), 7 DAA² (days after the second application), 7 DAA³ (days after the third application), pre-spray 4, 7 DAA⁴ (days after the fourth application). Productivity, MMG (thousand grain mass), vigor measurement through

infrared reflectance (measuring device: Green Seeker Handheld Trimble®) and NDVI/Normalized Difference Vegetation Index photographs (eBee Ag® drone - Sensefly Duet M lens®) were also evaluated. Rust was the main differentiating factor between the variables in chemical and biological fungicide treatments. Regarding AUDPC (Area Under the Disease Progress Curve), treatments 9 - [Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem] + [Cyproconazole + Difenconazole] (60 and 75 DAE)] and 7 - *Bacillus subtilis* BV02 + (Picoxystrobin + Cyproconazole) + (Epoconazole + Fluxapyroxad + Pyraclostrobin) + (Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem) + (Cyproconazole + Difenconazole) (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE)], presented the lowest AUDPC and better disease control. Regarding the NDVI variable, measured by the Green Seeker handheld device and photographs by UAV (unmanned aerial vehicle), treatments 9 - [Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem] + [Cyproconazole + Difenconazole] (60 and 75 DAE) and 5 - *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem) + Mancozeb + (Cyproconazole + Difenconazole) + Chlorothalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE) obtained the best vegetation indices. Regarding the productivity components kg.ha⁻¹ and thousand grain mass, treatment 9 - [Trifloxystrobin + Prothioconazole + Bixafem] + [Cyproconazole + Difenconazole] (60 and 75 DAE) was superior to the other biological and chemical fungicide treatments.

Keywords: *Phakopsora pachyrhizi*; chemical control; biological control; genetic resistance; triazole; strobilurin; carboxamide; dithiocarbamate; isophthalonitrile; coppers; *Bacillus subtilis*; cerevisane LAS 117.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max*) é afetada por mais de 50 doenças no Brasil. Dentre elas, a ferrugem asiática (FAS), causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. é uma das principais doenças ocorrentes, juntamente com outras doenças de parte aérea, como mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*), cercosporiose (*Cercospora kikuchii*), septoriose (*Septoria glycines*) e antracnose (*Colletotrichum truncatum*). Desde a constatação de epidemias de FAS no país, em 2001, o patógeno se evidenciou altamente agressivo e disseminou rapidamente pelas principais regiões sojícolas, provocando reduções de até 90% em produtividade (Yorinori et al., 2004).

Atualmente, a FAS se mostra menos incidente em algumas regiões em comparação com as safras anteriores, devido a alguns fatores, tais como: intensificação dos programas de melhoramento genético, fornecendo materiais com ciclos cada vez mais precoces; plantio em época calendarizada; vazio fitossanitário; condições ambientais favoráveis ao não estabelecimento do *P. pachyrhizi*, entre outros. Nesse sentido, vem sendo frequente os sojicultores conseguirem escapar dos danos da doença em suas lavouras. No entanto, a importância da doença não decresce, pois em muitos anos acontecem epidemias, devido à plantios tardios, condições ambientais favoráveis ao patógeno e alta concentração de inóculo proveniente de países fronteiriços, como Paraguai e Bolívia (Reis et al. 2017).

O controle químico é a principal estratégia de controle da FAS, onde as aplicações são sequenciais, normalmente 4 aplicações por ciclo da cultura, podendo chegar a 6, dependendo da localidade, como na região Sul. Porém com o decorrer dos anos, os principais grupos de fungicidas com ação sistêmica foram decrescendo em eficiência, devido à resistência fúngica (Godoy et al. 2018).

A diminuição na sensibilidade de *P. pachyrhizi* aos fungicidas sítio-específico está relacionada à extensão de área tratada, número de aplicações por ciclo, dosagem incorreta, alta esporulação e variabilidade genética do patógeno. Nesse cenário, algumas medidas vem sendo adotadas para diminuir a resistência de *P. pachyrhizi* a fungicidas específicos, como a associação com fungicidas multissítios, rotação de princípios ativos, utilização correta de dosagens, calendarização de aplicações e mais recentemente a possível associação com fungicidas biológicos, podendo ser mais uma estratégia no manejo de resistência (Reis et al. 2015; Reis et al. 2017).

Até o momento, existem dois fungicidas biológicos comerciais para o alvo *P. pachyrhizi* no Brasil. Os biofungicidas Bio-imune® e Romeo®, lançados respectivamente em 2019 e 2021, ambos possuindo a similaridade de aplicação preventiva (MAPA, 2021). O Bio-imune® (*Bacillus subtilis* - strain BV02) possui ação direta e é caracterizado como um biofungicida multissítio e com vários mecanismos de ação, atuando diretamente em várias rotas metabólicas do *P. pachyrhizi* (Grupo Vittia, 2022). Já o Romeo SC® é um fungicida com ação indireta, com característica de indutor de defesa, tendo como base o princípio ativo Cerevisane LAS 117 (metabólito secundário de *Saccharomyces cerevisiae* - strain LAS 117), atuando com defesas pré e pós-formadas (Ihara, 2022).

Devido à recente inserção dos biofungicidas no manejo da ferrugem asiática, os estudos envolvendo a integração do controle biológico e químico são escassos. Nesse sentido, o trabalho objetivou compreender a interação de um genótipo suscetível (BMX FOCO®) nos programas de aplicações de fungicidas biológicos e químicos, gerando dados que possivelmente contribuirão no acréscimo ou aperfeiçoamento das estratégias atuais de manejo integrado da FAS.

2. METÓDOS E MATERIAIS

2.1 Caracterização do local

O ensaio UnB03 foi realizado em campo na área experimental da AgroCarregal (Rio Verde - GO), nas safras 2021/22 e 2022/23. A coordenada geográfica do ensaio é latitude S 17°46'59.72"; longitude O 51°0'35.721"; 768.4 metros de altitude.

O solo da localidade se caracteriza como vermelho distrófico, com exploração agrícola desde os anos 2000, tendo uma maior intensificação a partir de 2013, época do estabelecimento da estação Agro Carregal®. As propriedades químicas do solo são as seguintes: pH (CaCl₂): 5,64; M.O.: 22,13 mg.dm⁻³; V: 53,46 %; K: 1,76 Cmolc.dm⁻³; S: 28,06 mg.dm⁻³; P (Mehlich 1): 18,13 mg.dm⁻³; Ca: 21,86 Cmolc.dm⁻³; Mg: 8,6 Cmolc.dm⁻³; Al: 0,00 Cmolc.dm⁻³; Na: 0,2 Cmolc.dm⁻³; B: 0,63 mg.dm⁻³; Cu: 2,15 mg.dm⁻³; Fe: 9,0 mg.dm⁻³; Mn: 6,3 mg.dm⁻³; Zn: 1,7 mg.dm⁻³; H+Al: 21,40 Cmolc.dm⁻³; SB: 32,73 Cmolc.dm⁻³; C.T.C: 53,77 Cmolc.dm⁻³. As proporções granulométricas são: 473 g.kg⁻¹ de argila; 209 g.kg⁻¹ de silte; 317 g.kg⁻¹ de areia.

2.2 Semeadura e manejo da soja

A semeadura do ensaio UnB 03 foi realizada em 17 de dezembro de 2021 e 17 de dezembro de 2022, com a variedade BMX Foco IPRO®. A semeadura foi realizada com a plantadeira John Deere (JD 1111®), composta por 8 linhas, no SPD (Sistema de Plantio Direto), em cima de restos culturais de milho-safrinha (*Zea mays*).

A densidade populacional empregada foi de 340.000 plantas. ha⁻¹, conferindo espaçamento entre linhas de 0,50 m e 17 sementes.m⁻¹. O tratamento de sementes (TS) foi realizado com o inseticida de amplo espectro Fortenza Duo® (ciantraniliprole/diamida antranílica e tiametoxam/neonicotinóides) e inoculantes Rizoliq LLI® (*Bradyrhizobium japonicum*) e Biomax Premium® (*Bradyrhizobium elkanii* e *B. japonicum*). A adubação de base foi realizada com N-P-K formulado (02-18-18), na dosagem de 320 kg/ha⁻¹.

As práticas de manejo da soja empregadas nos experimentos, incluindo fertilização, controle de plantas daninhas [capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), capim-colchão (*Digitaria horizontalis*), tiririca (*Cyperus rotundus*), corda-de-viola (*Ipomea* sp)] e de insetos [complexo spodotera (*Spodoptera eridania*, *S. cosmioides*, *S. frugiperda*), metaleiro (*Magacelis* sp.), percevejo marrom (*Euschistus heros*), brasileirinha (*Diabrotica speciosa*), mosca-branca (*Bemisia tabaci*)], foram realizadas seguindo as estratégias técnicas para a cultura na região Centro-oeste, região edafoclimática 301 (Tecnologias, 2020).

2.3 Condições ambientais durante a condução do experimento

A cidade de Rio Verde (GO) está localizada na região edafoclimática 301 (sudoeste goiano), em que o clima da região é caracterizado como tropical, com as estações secas e chuvosas definidas (verões chuvosos e invernos secos). A média de precipitação anual é de 1493 mm, com 95% da distribuição das chuvas ocorrendo entre outubro e abril. As temperaturas médias variam de 20 a 23 °C, podendo chegar a 34 °C nos meses antecedentes as chuvas iniciais (agosto e setembro) e a 12 °C no inverno (junho e julho). Os dados climáticos durante a realização dos ensaios estão apresentados nos anexos VII e VIII.

2.4 Aplicações dos Tratamentos Fungicidas

No ensaio UnB03, com o propósito de analisar as reações da cultivar BMX Foco® (suscetível) ao programa de fungicidas químicos e biológicos, foram realizadas de uma a quatro aplicações (30 > 45 > 60 > 75 DAE - dias após a emergência) dos fungicidas específicos, multissítios e fungicidas biológicos.

A pulverização dos fungicidas foi realizada com pulverizador de precisão e pressão constante (CO₂), composto por barra de pulverização de três metros e seis pontas do tipo leque-duplo JGT 110.02, com calibração de volume de calda para 150 L ha¹. A pressão de trabalho foi constante (30 kPa) e o controle do volume de calda ocorreu pela velocidade de aplicação.

O pulverizador costal possui dois nanômetros, sendo um na saída do cilindro de CO₂ e outro na barra de pulverização, permitindo monitoramento constante da pressão de trabalho. Ademais, o sistema trabalha com volume de calda exata para a área a ser aplicada, permitindo a identificação e correção imediata de erros de aplicação.

As datas, horários, estádios fenológicos da soja e condições ambientais no momento de cada aplicação estão descritos nas tabelas 21, 22, 23 e 24.

Tabela 21. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB 03 - Época 1 (safra 2021/22).

	1ª Aplicação	2ª Aplicação	3ª Aplicação	4ª Aplicação
Data	26/01/2022	11/02/2022	26/02/2022	12/03/2022
Intervalo de Aplicação	-	15 dias	15 dias	16 dias
Horário Início	14:38	07:59	08:06	08:39
Horário Final	15:02:19	08:23:22	08:35:04	08:56:48
Temperatura Ar (°C)	29.5°C	19.9°C	22.58°C	22.89°C
Umidade Relativa (%)	49%	93%	81%	84%
Velocidade do Vento (km/h)	3.05 km/h	2.01 km/h	1.55 km/h	1.52 km/h
Visibilidade (%)	96%	100%	18%	99%
Condição do Solo	Seco	Seco	Seco	Seco
Tipo de Aplicação	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal
Estádio Cultura (Fehr & Caviness; BBCH)	V8 (BBCH - 19)	R1 (BBCH - 51)	R3 (BBCH - 69)	R5 (BBCH - 79)
Propelente	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂

Diluyente	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
Ponta pulverização	110.02	110.02	110.02	110.02
Volume da ponta	150 L/ha	150 L/ha	150 L/ha	150 L/ha
Número de pontas	6	6	6	6
Espaç. entre pontas (cm)	50	50	50	50
Pressão	30	30	30	30
Volume de calda (L/ha)	150	150	150	150
Veloc. da aplicação (km/h)	4,5	4,5	4,5	4,5

*Fenologia da soja de acordo com as escalas Fehr & Caviness, 1977 e BBCH (Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical - Munger et al., 1997).

*Aplicador: Carlos Augusto Gusatti

Tabela 22. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB03 - Época 2 (safra 2022/23).

	1ª Aplicação	2ª Aplicação	3ª Aplicação	4ª Aplicação
Data	24/01/2023	13/02/2023	27/02/2023	13/03/2032
Intervalo de Aplicação	-	15 dias	15 dias	16 dias
Horário Início	15:32	09:25	10:22	16:23
Horário Final	16:04:05	09: 57:15	10:50:56	17:01:34
Temperatura Ar (°C)	28.5°C	24.3°C	27.32°C	22.15°C
Umidade Relativa (%)	88%	90%	81%	82%
Velocidade do Vento (km/h)	2.05 km/h	2.01 km/h	1.65 km/h	1.62 km/h
Visibilidade (%)	96%	100%	18%	99%
Condição do Solo	Seco	Seco	Seco	Seco
Tipo de Aplicação	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal
Estádio Cultura (Fehr & Caviness; BBCH)	V8 (BBCH - 19)	R1 (BBCH - 51)	R3 (BBCH - 69)	R5 (BBCH - 79)
Propelente	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
Diluyente	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
Ponta pulverização	110.02	110.02	110.02	110.02
Volume da ponta	150 L/ha	150 L/ha	150 L/ha	150 L/ha
Número de pontas	6	6	6	6
Espaçamento entre pontas (cm)	50	50	50	50
Pressão	30	30	30	30
Volume de calda (L/ha)	150	150	150	150

Velocidade da aplicação (km/h) | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5

*Fenologia da soja de acordo com as escalas Fehr & Caviness, 1977 e BBCH (Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical - Munger et al., 1997).

*Aplicador: Carlos Augusto Gusatti

2.5 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas experimentais foram compostas por 8 linhas de soja, com 5m de comprimento por 4 m de largura (5m x 4m), gerando 20 m² de área total. A área útil de cada parcela foi composta por 4 linhas centrais, de 5 metros de comprimento, com a exclusão de 1 metro das extremidades referentes as bordaduras, assim obtendo 15 m². Os princípios ativos utilizados e respectivos tratamentos do ensaio UnB 03 estão dispostos nas tabelas 23 e 24.

Tabela 23. Fungicidas químicos e biológicos utilizados, com seus respectivos nomes comerciais, princípios ativos e concentrações de ingrediente ativo e doses (Ensaio: UnB 03).

Princípio Ativo	Nome comercial	g ia.ha ⁻¹ *	L ou kg/ha**
Trifloxistrobina + Protiococonazol + Bixafem	Fox Xpro	15 + 175 + 25	0,5
Ciproconazol + Difenococonazol	Cypress 400 EC	150 + 250	0,5
Picoxistrobina + Ciproconazol	Aprocah Prima	200 + 80	0,3
Epoxicoconazol + Fluaxaproxade + Piraclostrobina	Ativum	50 + 50 + 81	0,8
Mancozebe	Unizeb Gold	720	1,5
Clorotalonil	Bravonil 720	720	1,0
<i>Bacillus subtilis</i> BV02	Bio-imune***	42	1,0
Cerevisane LAS 117	Romeo SC***	100	0,75

*dose de ingrediente ativo (ia); **dose do produto comercial. ***os fungicidas biológicos Bio-Imune (*Bacillus subtilis* BV02) e Romeo SC (Cerevisane LAS 117) possuem compatibilidade com os ingredientes ativos dos fungicidas utilizados, conforme posicionamento e informe das empresas detentoras.

Tabela 24. Tratamentos do ensaio UnB03. Cultivar: Brasmax Foco IPRO®.

Tratamentos	Dose (L,Kg/ha)	Estádio de aplicação
1.Testemunha	-	-
2.Cerevisane LAS 117*	0,75	30>45>60>75 DAE**
3. <i>Bacillus subtilis</i> BV02	1,0	30>45>60>75 DAE
4.Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protiococonazol + Bixafem] + Mancozebe +	0,75 + 0,5 + 1,5 + 0,5 + 1,0	30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE

[Ciproconazol + Difenconazol] + Clorotalonil		
5. <i>Bacillus subtilis</i> BV02 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe + [Ciproconazol + Difenconazol] + Clorotalonil	1,0 + 0,5 + 1,5 + 0,5 + 1,0	30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE
6. Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol]	0,75 + 0,3 + 0,8 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,75	30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE
7. <i>Bacillus subtilis</i> BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol]	1,0 + 0,3 + 0,8 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,75	30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE
8. [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol]	0,3 + 0,8 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,75	30 + 45 + 60 + 75 DAE
9. [Picoxistrobina + Ciproconazol] + Mancozebe + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + Oxicloreto de Cu + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] + Clorotalonil	0,3 + 1,5 + 0,8 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 1,0	30 + 30>60 + 45 + 45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE

*Produtos comerciais: Romeo SC (Cerevisane LAS 117); Bio-imune (*Bacillus subtilis* BV02); Fox Xpro ([Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem); Unizeb Gold (Mancozebe); Cypress 400 EC (Ciproconazol + Difenconazol); Bravonil 720 (Clorotalonil); Aproach Prima (Picoxistrobina + Ciproconazol); Ativum (Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina). **DAE (dias após a emergência).

2.6 Variáveis mensuradas

2.6.1 Severidade da ferrugem asiática

As avaliações de severidade foram realizadas com base na escala proposta por Godoy et al. (2006). Foram avaliados quatro trifólios (um por planta) das linhas centrais (linhas 3 e 5) de cada parcela. Os nós escolhidos para as avaliações foram seguindo a evolução da doença

no tempo (progresso da doença), sendo divididos nos terços inferior, médio e superior do dossel da planta.

As avaliações foram realizadas semanalmente, após a presença dos sintomas iniciais. Os momentos de avaliações ocorreram em: pré-spray 1, 7 DAA¹ (dias após a primeira aplicação), pré-spray 2, 7 DAA² (dias após a segunda aplicação), pré-spray 3, 7 DAA³ (dias após a terceira aplicação), pré-spray 4, 7 DAA⁴ (dias após a quarta aplicação). As avaliações ocorreram de 26/01 a 12/03/2022. A Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) foi calculada a partir da soma das áreas trapezoidais da curva (Campbell & Madden, 1990).

2.6.2 Green Seeker Handheld Trimble® - NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)

O primeiro sensor “GreenSeeker®” foi desenvolvido pela Universidade de Oklahoma (EUA), na década de 1990. O princípio do aparelho é a utilização de diodos na emissão de radiação nas faixas do vermelho (650 nm - nanômetros) e infravermelho próximo (770 nm). A leitura de reflectância é calculada por um processador interno, fornecendo o “Índice de Vegetação por Diferença Normalizada” (NDVI), que é transmitido a um computador portátil adaptado ao sensor (Marino & Alvino, 2014; Padilla et al. 2018).

As taxas do aparelho variam de 0,00 a 0,99, onde o índice de vegetação se eleva com a concentração de pigmentos fotossintetizantes (clorofilas “a” e “b”) no dossel da planta, evidenciando os teores de nitrogênio e secundariamente de magnésio (elemento central da clorofila). Como o fungo *P. pachyrhizi* é um patógeno atuante no processo fotossintético, a área foliar deteriorada pelo fungo é escaneada no sensor, gerando um nível de reflectância variável de acordo com a área afetada (Ntech Industries, 2022; Agro Trimble, 2022).

Na leitura das plantas do ensaio UnB03, ocorrida através do Green Seeker Handheld Trimble®, foram analisados dois pontos na mesma altura (altura de quadril do avaliador - 1,06 m) de duas plantas pertencentes às linhas centrais 3 e 5 de cada parcela.

2.6.3 Fotografias multiespectrais NDVI obtidas por VANT

O termo “Veículo Aéreo Não Tripulado” (VANT) é mundialmente conhecido e inclui uma ampla gama de aeronaves que são autônomas, semiautônomas ou remotamente operadas, inclusive para fins agronômicos. De acordo com a ABA (Associação Brasileira de

Aeromodelismo), a definição para VANT é: “um veículo capaz de voar na atmosfera, fora do efeito de solo, sendo projetado ou modificado para não receber um piloto humano e que é operado por controle remoto ou autônomo” (Rasi, 2008).

Com certa versatilidade, os VANT's também veem sendo utilizados na fotogrametria agrícola, contribuindo para a agricultura de precisão. Atualmente, são utilizados para detecção de danos fitossanitários envolvendo: deficiências nutricionais, incidência de ervas-daninhas, ataques de insetos/aracnídeos e também infecção por patógenos. Ademais, os VANT's podem ser acoplados a câmeras especiais, como as NIR (Near Infrared/Infravermelho próximo). As câmeras NIR geram imagens multiespectrais coloridas e simultaneamente fornecem o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada” (NDVI), que servem como indicadores de qualidade e fitossanidade do cultivo (Gitelson et al. 2002; Du et al. 2008; Gonzáles-Dugo et al. 2013).

2.6.4 Componentes de produtividade

A produtividade da soja foi mensurada, a partir da colheita da área útil da parcela (linhas centrais 3 e 5 = 8 m²). As plantas das linhas centrais foram retiradas manualmente, postas em feixes e trilhadas em trilhador estacionário. O montante de grãos resultante de cada parcela foi acondicionado em sacos de pano etiquetados e transportados até o laboratório de sementes da Agro Carregal®, onde posteriormente foi realizado a pesagem geral, conferência de umidade e separação da massa de mil grãos (MMG).

2.7 Análise de dados

O delineamento, tratamentos aplicados e a metodologia de aplicação empregados no ensaio UnB 03 foram os mesmos, conduzidos na estação Agro Carregal®, nas safras 2022/23 e 2023/24. As análises estatísticas foram realizadas com o software estatístico SISVAR® (versão 5.6), com o teste para comparação de médias (método Scott-Knott, a nível de 5%).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados mostrou que as variáveis analisadas (AACPD, NDVI e componentes de produtividade) foram afetadas significativamente pela ferrugem asiática e com diferenças contrastantes de acordo com os tratamentos fungicidas químicos e biológicos, utilizados na cultivar convencional BMX Foco®.

3.1 Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD)

Houve diferença significativa na severidade da ferrugem asiática, representada pela AACPD, entre os tratamentos envolvendo fungicidas biológicos e químicos, testados na cultivar convencional BMX Foco®. Os maiores valores de AACPD foram relatados na segunda época do experimento UnB 03.

Nas duas épocas do experimento, os tratamentos 2 - Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE) e 3 - *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE) obtiveram os maiores níveis de AACPD, evidenciando que ingredientes ativos biológicos isolados não apresentam eficácia no controle da FAS. Em estudos semelhantes, realizados por Godoy et al. (2021) e Godoy et al. (2022), a menor porcentagem de controle da FAS ocorreu com produto biológico Bio-Imune® (*Bacillus subtilis* BV02), com apenas 11% de redução da severidade em relação à testemunha. Entretanto, fungicidas biológicos utilizados isoladamente em campo, sem a associação com fungicidas específicos e multissítios não apresentaram controle satisfatório da ferrugem.

Na segunda época, dentre os tratamentos fungicidas biológicos e químicos, os tratamentos 4 - Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE) e 5 - *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE)] apresentaram níveis altos de AACPD, não sendo maiores apenas do que o controle e tratamentos com apenas aplicações de fungicidas biológicos. Fica evidente que os fungicidas biológicos Romeo® (cerevisane LAS 117) e Bio-Imune® (*Bacillus subtilis* BV02) em substituição dos químicos nas duas primeiras aplicações (30 e 45 DAE) possivelmente não suprimiu a pressão de inóculo para as aplicações sequenciais (60 e 75 DAE), interferindo em tratamentos com altos níveis de AACPD. Segundo Godoy et al. (2022), em ensaios de rede sumarizados, realizados na safra 2022/23, o tratamento envolvendo o fungicida biológico triplo da Biotrop® (*Bacillus subtilis* + *B. velezensis* + *B. pumilus*) apresentou o menor

controle da ferrugem asiática, sendo superior apenas ao tratamento testemunha, com eficiência de 14%.

Na segunda época, o tratamento *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenconazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE) apresentou a maior AACPD, com relativa proximidade de resultado com a testemunha. Fica evidente que o *Bacillus subtilis* em aplicações preventivas para o controle da FAS não se mostrou eficiente, prejudicando o programa posterior das aplicações, com altas pressões do patógeno. As primeiras aplicações de fungicidas na cultura da soja são de extrema relevância no programa de aplicações, objetivando doenças foliares causadas por patógenos agressivos, como o *P. pachyrhizhi*. Entretanto, aplicações preventivas realizadas com associações de princípios ativos são as ferramentas mais indicadas no manejo da FAS. Nesse sentido, considerando a baixa atuação de fungicidas biológicos isolados para o alvo *P. pachyrhizhi*, a concentração de inóculo geralmente aumenta consideravelmente para aplicações seguintes, como dos estágios fenológicos de 60 e 75 DAE (R1 + 14 dias > R1 + 28 dias) (Godoy et al. 2022; Arsenault et al. 2012; Bruzamarello et al. 2018; De Paula et al. 2021).

Os melhores resultados absolutos referentes a AACPD foi do tratamento 9 - [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE)] na primeira época e o tratamento 7 - *Bacillus subtilis* BV02 + (Picoxistrobina + Ciproconazol) + (Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina) + (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem) + (Ciproconazol + Difenconazol) (30>45>60>75 + 30 + 45 + 60 + 75 DAE)], com a associação dos fungicidas químicos com os biológicos nos posicionamentos. A bactéria *B. subtilis* BV02, por atuar como multissítio biológico associado a fungicidas multissítios, e pode interferir em processos morfológicos e bioquímicos, visando a antibiose e indução da resistência da cultura da soja ao processo de infecção do *Phakopsora pachyrhizi* (Araújo et al. 2009; Andersen et al. 2018; Bruzamarello et al. 2018; Borges et al. 2022; Muniz et al. 2023).

Tabela 25. Área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática (AACPD) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 1 (safra 2021/22).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BMX	1466,25d	1229,7c	1177,5c	817,5b	819,3b	821,25b	778,12b	778,12b	579,27a

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 8: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30 + 45 + 60 + 75 DAE); 9: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (60 e 75 DAE).

Tabela 26. Área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática (AACPD) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 2 (safra 2022/23).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BMX	2235g	2235g	2100f	1980e	2325h	1935d	1612,5a	1792,5c	1762,5b

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 8: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30 + 45 + 60 + 75 DAE); 9: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (60 e 75 DAE).

3.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

O NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) das plantas de soja, mensurados pelo aparelho Green Seeker Handheld Trimble® e fotografias capturadas pelo drone Bee Ag®, foi significativamente afetado pelos tratamentos envolvendo fungicidas biológicos e químicos na cultivar BMX Foco®.

Na primeira época, os tratamentos 2 - Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE)], 3 - *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE) e 4 - Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenconazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE) apresentaram índices de vegetação similares a testemunha. Os respectivos tratamentos continham aplicações isoladas dos fungicidas biológicos em posicionamentos, desde 4 aplicações (30, 45, 60 e 75 DAE) a duas aplicações iniciais (30 e 45 DAE). Os princípios ativos de fungicidas biológicos são melhores posicionados preventivamente e em mistura de calda com fungicidas químicos. Portanto, apresentam baixa eficiência no controle de doenças foliares, causadas por patógenos de alta esporulação, quando aplicados de forma isolada (De Paula et al. 2021). Os respectivos tratamentos geraram menores índices de vegetação e refletância ao longo do infravermelho próximo (750nm). A região do infravermelho próximo é sensivelmente modificada pela ocorrência de estresse oriundo da ação de insetos, bactérias, fungos e outros organismos. Esses fatores de estresse, geram mudanças na resposta espectral, deslocando o nível de refletância do (NIR) em função da deterioração dos pigmentos foliares e também das alterações metabólicas ocorridas na planta, em razão da agressão do agente causal (Junges et al. 2017) (Tabelas 27 e 28).

Na safra 2022/23, o tratamento 3 - *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE) obteve menor índice de vegetação do que a testemunha. Ademais, o tratamento fungicida biológico 2 apresentou o mesmo valor de NDVI que a tratamento controle. O programa de manejo químico com quatro aplicações de fungicidas biológicos se mostrou ineficiente, com pouca diferença estatística com a testemunha, sendo uma alternativa unir o controle biológico com estratégias consolidadas, como associar os biofungicidas a fungicidas químicos (específicos e/ou multissítios). Em análise de NDVI, manejos ineficazes de fungicidas refletirão sintomas acentuados de ferrugem asiática, como a amarelecimento foliar e desfolha antecipada, gerando níveis baixos de vegetação (Hartman et al. 2015; Silva et al. 2024).

Na safra 2022/23, considerando a linha 3, o tratamento 9 - [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE) obteve o melhor NDVI. Considerando a linha 5, o tratamento 5 - *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina +

Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE) obteve o melhor índice de vegetação (NDVI). Tratamentos com maior quantidade de princípios ativos específicos e multissítios, como o clorotalonil/isoftalonitrila, geram plantas com maior sanidade e qualidade foliar. Tais resultados geram respostas com grande reflectância no espectro infravermelho próximo (700 - 1.100 nm) (Jensen, 2009; Silva et al. 2024) (Tabelas 29 e 30).

Tabela 27. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 3 (14/03/2022) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 1 (safra 2021/22).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BMX	0,38a	0,38a	0,37a	0,40a	0,52b	0,54b	0,54b	0,55b	0,65b

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 8: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30 + 45 + 60 + 75 DAE); 9: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (60 e 75 DAE).

Tabela 28. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 5 (14/03/2022) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 1 (safra 2021/22).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BMX	0,32a	0,36a	0,38a	0,38a	0,50b	0,50b	0,45a	0,60c	0,64c

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 8: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina +

Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30 + 45 + 60 + 75 DAE); 9: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE).

Tabela 29. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 3 (16/03/2023) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 2 (safra 2022/23).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BMX	1,13b	1,13b	1,12a	1,14d	1,13b	1,14d	1,14d	1,14d	1,15e

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenconazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenconazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 8: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30 + 45 + 60 + 75 DAE); 9: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE).

Tabela 30. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - linha 5 (16/03/2023) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®) - Época 2 (safra 2022/23).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BMX	1,10c	1,09b	1,08a	1,09b	1,10c	1,08a	1,09b	1,08a	1,08a

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenconazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenconazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 8: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30 + 45 + 60 + 75 DAE); 9: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE).

Com semelhança do NDVI do aparelho manual Green Seeker Handheld Trimble®, as fotografias NDVI, capturadas pelo drone eBee Ag® apresentaram médias de NDVI variando de 0,807 - 0,826 (alto índice de vegetação) a 0,688 (baixo índice de vegetação).

No ensaio experimental UnB 03, fica claro o baixo desempenho do tratamento 3 - *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE), que em semelhança com os resultados do Green Seeker Handheld Trimble®, resultou em menores índices de vegetação que a própria testemunha. No presente estudo, ficou evidente que tratamentos com apenas biológicos isolados, possivelmente elevaram a pressão de inóculo nas parcelas, devido à alta esporulação do patógeno e baixo controle dos biológicos atuando de forma isolada. De acordo com Fontaine et al. (2016) e Junges et al. (2017), a ocorrência de danos causados pela ação fúngica e manejo ineficaz, promove alterações na resposta espectral dos dosséis das plantas e diminuição da reflectância no infravermelho próximo, devido à degeneração das membranas celulares dos mesófilos paliçádicos e lacunosos, durante a infecção e colonização do *P. pachyrhizi* (Figuras 13 e 14).

No bloco 1, o tratamento 9 - [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE) obteve um dos melhores resultados dentre os tratamentos fungicidas, com média de 0,786 a 0,807. O princípio ativo bixafem, pertencente ao grupo químico das carboxamidas, possui a característica de manter maior retenção foliar e maior área fotossintética ativa, com isso favorecendo níveis elevados de reflectância nas faixas de infravermelho (Berdugo et al. 2012). Em relação às estrobilurinas, favorecem a característica de “staygreen” (efeito verde), o qual é responsável pela permanência de maiores índices de clorofila ao longo do ciclo da soja, possibilitando maiores rendimentos fotossintéticos. Além do auxílio na produção de fotoassimilados, contribui diretamente no controle de fitopatógenos, definidamente na respiração mitocondrial do agente causador da ferrugem asiática, o fungo basidiomiceto *Phakopsora pachyrhizi* (Silva, 1999; Bartlett et al. 2002; Zambolim et al. 2007) (Figuras 13 e 14).

No bloco IV, é demonstrado o tratamento controle, com baixo nível de vegetação (0,688) e em sequência os piores tratamentos do bloco, respectivamente os tratamentos 2 - Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE), 3 - *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE), 4 - Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenconazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE), 5 - *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenconazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE) e 6 - Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade +

Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE). Em estudos realizados por Dorighello et al. (2015), Hartaman et al. (2016) e De Paula et al. (2021), foi evidenciado que o controle biológico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) apresentou eficiência, quando aplicados em associação com fungicidas químicos. Dessa forma, a utilização isolada dos biofungicidas nas duas primeiras aplicações da cultura (30 e 45 DAE) geraram aumento considerável de inóculo para as aplicações seguintes, em período reprodutivo mais avançado. Os referidos manejos nos tratamentos refletiram em menor índice de qualidade foliar e vegetação, sendo resultantes de resposta morfofisiológica por ataque intenso de fitopatógenos, havendo elevado progresso da doença e a alteração dos índices de NDVI (Du et al. 2008; Jensen, 2019; Uebel, 2015; Junges et al. 2017) (Figuras 13 e 14).

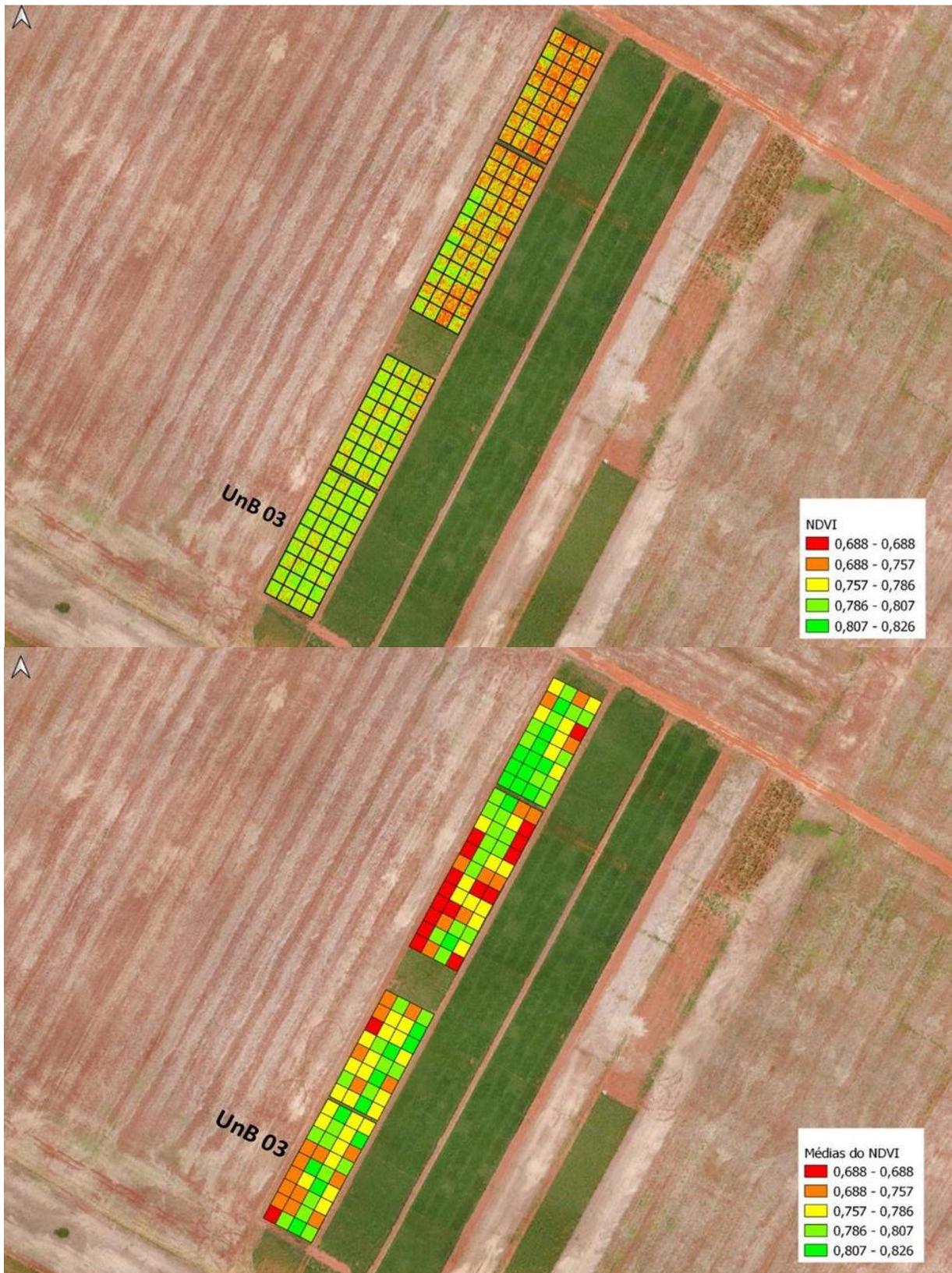


Figura 18. Fotografias NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M®. As fotografias obtidas por NIR demonstram a divisão dos protocolos, com quatro blocos casualizados e mensuração de vegetação de cada tratamento. A disposição dos tratamentos em croqui e as médias constatadas de NDVI estão em figuras seguintes. Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agrônômica®, 2022. (UnB 03 - época 1).

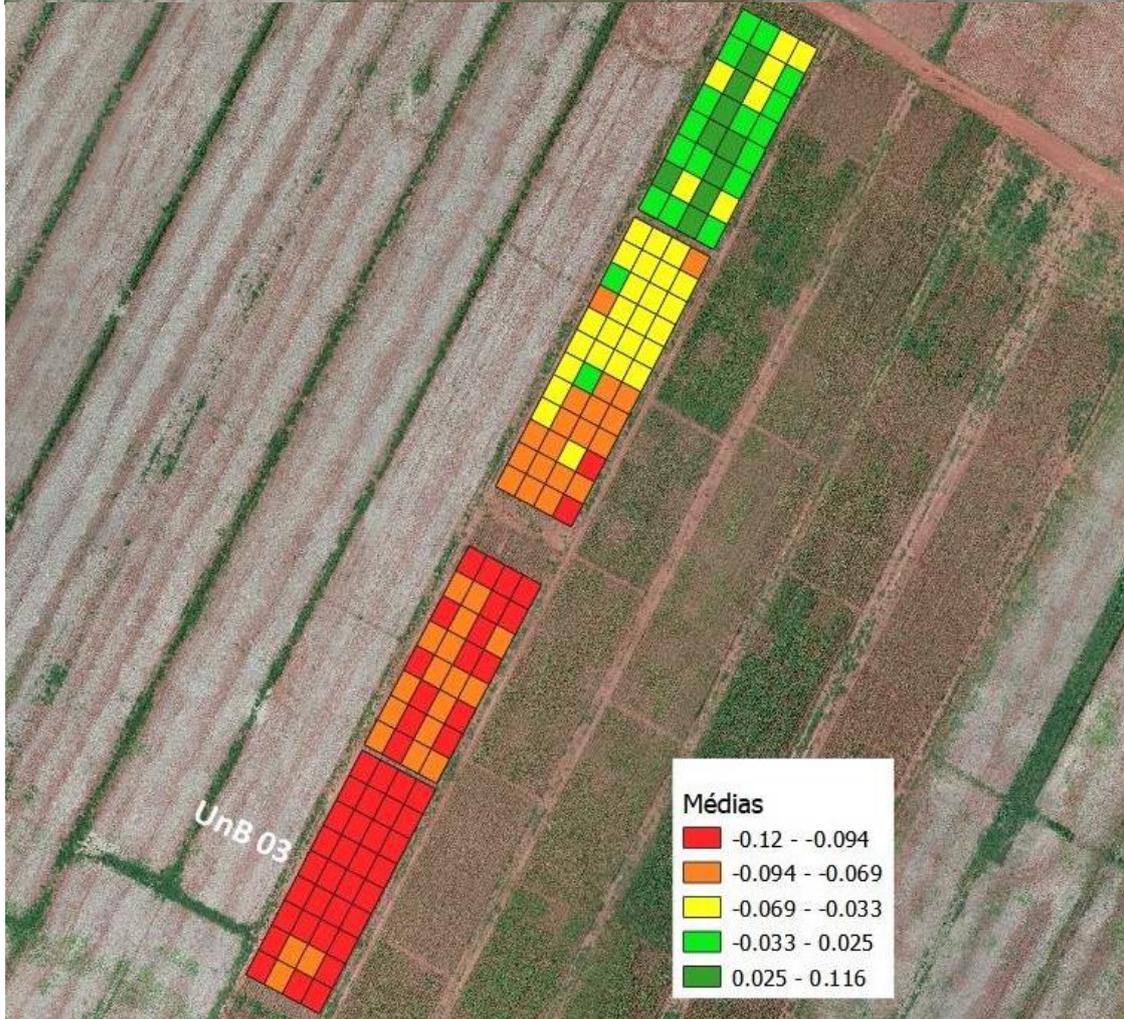
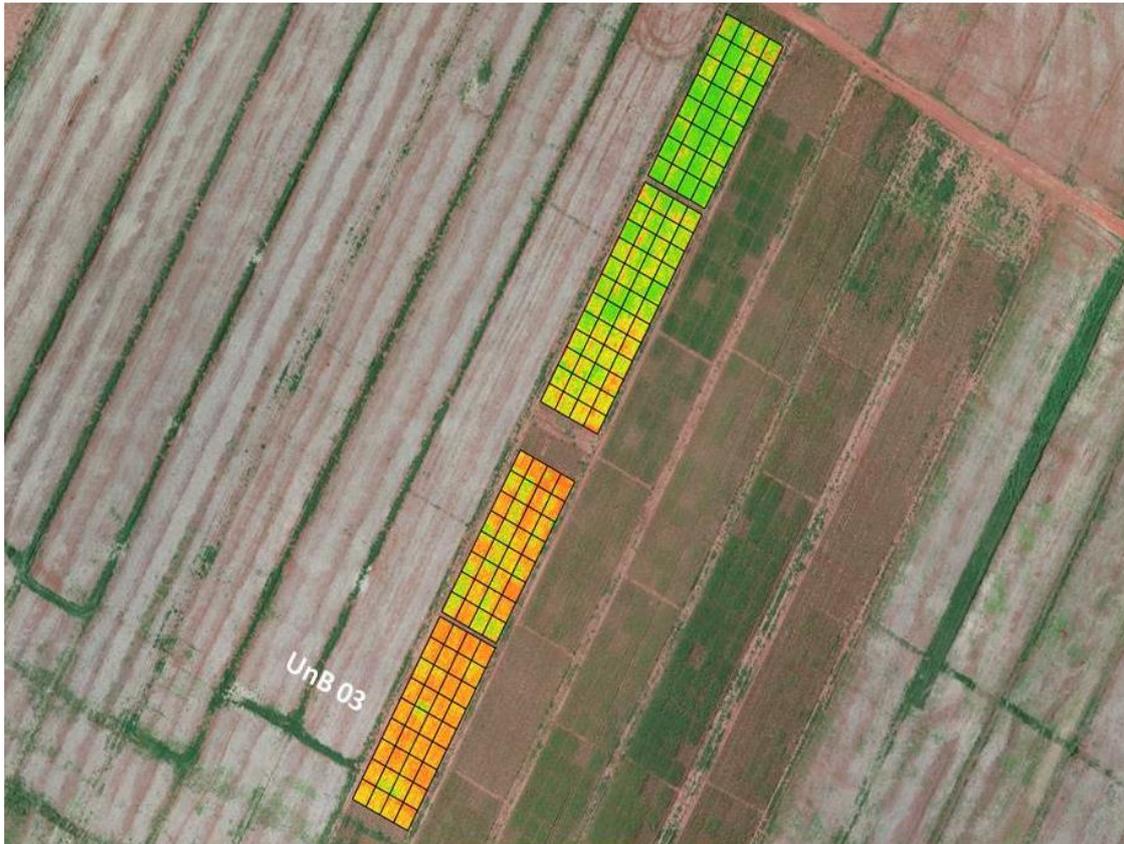


Figura 19. Fotografia NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M®. As fotografias obtidas por NIR demonstram a divisão dos protocolos, com quatro blocos casualizados e mensuração de vegetação de cada tratamento. A disposição dos tratamentos em croqui e as médias constadas de NDVI estão em figuras seguintes. **Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agrônômica®, 2023.** (UnB 03 - época 2).

5	1	6	2
9	2	5	7
1	3	8	9
8	4	2	6
3	5	9	1
4	6	3	4
6	7	1	8
2	8	4	5
7	9	7	3

Figura 20. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 03 (Época 1 - Cultivar Brasmax FOCO IPRO®). Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 +

75 DAE); 8: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoxiconazol + Fluxapiroxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30 + 45 + 60 + 75 DAE); 9: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE). Faixas de vegetação (NDVI): vermelho (0,688); laranja (0,688 - 0,757); amarelo (0,757 - 0,786); verde musgo (0,786 - 0,807); verde escuro (0,807 - 0,826).

5	1	6	2
9	2	5	7
1	3	8	9
8	4	2	6
3	5	9	1
4	6	3	4
6	7	1	8
2	8	4	5
7	9	7	3

Figura 21. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 03 (Época 2 - Cultivar Brasmax FOCO IPRO®). Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenconazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenconazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoxiconazol + Fluxapiroxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoxiconazol + Fluxapiroxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 8: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoxiconazol + Fluxapiroxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30 + 45 + 60 + 75 DAE); 9: [Trifloxistrobina +

Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE). Faixas de vegetação (NDVI): vermelho (0,12 - 0,094); laranja (0,094 - 0,069); amarelo (0,069 - 0,033); verde musgo (0,033 - 0,025); verde escuro (0,025 - 0,116).

3.3 Componentes de produtividade

A ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) foi a principal responsável pelas variações nos componentes de produtividade dos tratamentos envolvendo controle químico e biológico, principalmente pela semeadura tardia nas duas épocas. Alguns tratamentos fungicidas químicos e biológicos incrementaram consideravelmente a produtividade da cultura.

Na primeira época, o tratamento 9 - [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE) foi o único que diferiu estatisticamente dos demais tratamentos com fungicidas e da própria testemunha, apresentando 1186,25 g. Os demais tratamentos com fungicidas biológicos e químicos não diferiram significativamente da testemunha, tendo variações de 942,5 a 992,5 gramas, comparativamente com 905 g do tratamento controle. A rotação de princípios ativos do mesmo grupo químico, com vários triazóis (protioconazol, ciproconazol, difenoconazol), apresenta CL₅₀ e arranjos moleculares distintos, gerando diferentes ações na célula fúngica, mesmo em sítios iguais. Essa atuação evita a resistência cruzada e gera manutenção de eficiência dos princípios ativos e consequentemente melhores manutenções de produtividade nas safras posteriores (Xavier et al., 2015; Reis et al., 2017). O grupo químico das estrobilurinas (trifloxistrobina) possui amplo espectro de ação e fungitoxicidade alta. Ademais, apresenta efeitos fisiológicos na cultura da soja, tais como: otimização na utilização do insumo CO₂, redução dos gastos de energia e acúmulo de carboidratos (fotossíntese líquida), incremento da atividade da nitrato redutase, promoção de “efeito verde”, em virtude de maior teor de clorofila; diminuição do estresse associado ao fitohormônio etileno, entre outros. Todas essas especificidades, permitem uma maior duração de atividade fotossintética e maior acúmulo de fotoassimilados (Wu et al. 2001; BASF, 2002; Barlett et al. 2002; Oliveira et al. 2005; Zambolim et al. 2007; Godoy et al. 2010).

Na segunda época, os tratamentos 2 - Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE), 3 - *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE), 4 - Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenconazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE) e 5 - *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina +

Protioconazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenconazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE)] tiveram produtividades similares à testemunha. Em estudo realizado por Muniz et al. (2023), a produtividade da soja foi superior no tratamento contendo fungicidas com a utilização de *B. subtilis* BV02 (1,0 e 2,0 L p.c. ha⁻¹) associados a fungicidas específicos, atuando como multissítio biológico. No respectivo trabalho, aplicações isoladas de *B. subtilis* apresentaram reduções na produtividade. Segundo o Grupo Vittia (2022) e Ihara (2022), os fungicidas biológicos, generalizadamente, são recomendados em posicionamentos preventivos, a exemplo, nas aplicações iniciais da cultura (30 e 45 DAE/Vn e R1), preferencialmente em associações com os fungicidas sítio-específico. O uso de fungicidas biológicos, como *Bacillus* spp. comumente são mais eficientes quando utilizados preventivamente e associados a fungicidas químicos sistêmicos, proporcionando produtividades semelhantes a produtos apenas com fungicidas sítio-específico (Li et al. 2018). Os biofungicidas utilizados em consórcio com fungicidas químicos, melhoram o desenvolvimento e a produtividade das plantas em condições adversas, através da produção de substâncias promotoras, como fitohormônios e enzimas específicas (Santos et al., 2022; Radhakrishnan et al. 2017).

Na primeira época, o tratamento 9 - Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE) obteve o maior incremento, tendo acréscimo de 13,10% em relação à testemunha. Em estudo realizado por Duhatschek et al. (2018), ao analisar rotação de princípios ativos, relatou que em aplicação de trifloxistrobina + protioconazol na primeira aplicação, seguido de piraclostrobina + epoxiconazol no segundo momento, apresentou controle e produtividade superiores aos demais tratamentos, sem princípios ativos rotacionados dentro de mesmos grupos químicos.

Na segunda época, os tratamentos 7 - *Bacillus subtilis* BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoxiconazol + Fluxapiróxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE), 8 - [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoxiconazol + Fluxapiróxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30 + 45 + 60 + 75 DAE) e 9 - Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE) tiveram os melhores incrementos de produtividade, com respectivamente 1323 , 1313 e 1346 gramas.

Tabela 31. Avaliação de componente de produtividade (peso de parcela - área útil de 8 m²) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 1 (safra 2021/22).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BMX	905a	942,5a	982,5a	962,5a	992,5a	920,75a	1050a	953,75a	1186,25b

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 8: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30 + 45 + 60 + 75 DAE); 9: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (60 e 75 DAE).

Tabela 32. Avaliação de componente de produtividade (peso de parcela - área útil de 8 m²) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 2 (safra 2022/23).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BMX	1232a	1233a	1244a	1231a	1236a	1272b	1323c	1313c	1346c

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 8: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30 + 45 + 60 + 75 DAE); 9: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (60 e 75 DAE).

Na primeira época, apenas o tratamento 2 - Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE) obteve MMG semelhantes significativamente ao tratamento testemunha. Os demais tratamentos se mostraram superiores, com incrementos variando de 4,54 gramas [(tratamento 3 - *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE)] a 11,9 gramas {tratamento 9 - [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (60 e 75 DAE)}. Fungicidas biológicos, como exemplos o indutor de defesa cerevisane LAS 117 e *Bacillus subtilis* BV02, apresentaram baixa eficiência de controle, se aplicados de forma isolada, sem associação com os fungicidas específicos e/ou multissítios (Bruzamarello et al. 2018; Bruzamarello et al. 2018b; De Paula et al. 2021, Bonafin, 2023).

Na safra 2022/23, não houve diferença significativa tanto entre os tratamentos, quanto em relação à testemunha. Considerando valores absolutos, os tratamentos 2 - Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE) e 3 - *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE), com quatro aplicações isoladas no ciclo da cultura, obtiveram reduções sutis na massa de mil grãos em relação ao tratamento testemunha. Segundo De Paula et al. (2021), a indução de resistência, conferida pelo metabólito cerevisane LAS 117, também pode gerar um custo metabólico (custo “fitness”) adicional para a planta e, portanto, pode gerar maior sensibilidade aos efeitos do progresso da doença, podendo afetar na redução do enchimento de grãos.

Tabela 33. Avaliação de componente de produtividade (massa de mil grãos - MMG) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 1 (safra 2021/22).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BMX	93,36a	92,66a	97,90b	98,66b	101,02b	100,54b	100,09b	101,82b	105,26b

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 8: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30 + 45 + 60 + 75 DAE); 9: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (60 e 75 DAE).

Tabela 34. Avaliação de componente de produtividade (massa de mil grãos - MMG) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar suscetível (BMX Foco®). Ensaio UnB 03 - Época 2 (safra 2022/23).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BMX	86,06a	85,83a	85,82a	86,63a	87,2a	86,59a	85,17a	86,03a	85,64a

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 8: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30 + 45 + 60 + 75 DAE); 9: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (60 e 75 DAE).

4. CONCLUSÕES

A utilização de fungicidas biológicos na cultivar convencional BMX Foco® se mostrou ineficiente, tanto isoladamente quanto em associação com os fungicidas químicos.

Os tratamentos envolvendo fungicidas biológicos isolados ao longo do ciclo da cultura tiveram os menores níveis de controle da ferrugem.

Os tratamentos com substituição das primeiras aplicações de químicos por biológicos, resultaram em comprometimento do manejo da doença nas últimas aplicações.

O controle químico permanece como uma das principais estratégias de controle na cultura da soja, especialmente em genótipos suscetíveis.

LITERATURA CITADA

AGRO TRIMBLE. Disponível em: <https://agro.trimble.com.br/product/greenseeker-porttil/>. Acesso em: 15/julho/2022.

ANDERSEN, E.J.; ALI, S.; BYAMUKAMA, E.; YEN, Y.; NEPAL, M.P. 2018. Disease resistance mechanisms in plants. *Genes*, Basel, v.9, n.7, e339.

ARAÚJO, F.F.; MENEZES, D. 2009. Indução de resistência a doenças foliares em tomateiro por indutores biótico (*Bacillus subtilis*) e abiótico (acibenzolar-s-metil). *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v.35, n.3, p.169-172.

ARSENAULT-LABRECQUE G, MENZIES JG, BÉLANGER RR. 2012. Effect of silicon absorption on soybean resistance to *Phakopsora pachyrhizi* indifferent cultivars. *Plant Dis.* 96(1):37-42

BARTLETT, D.W., CLOUGH, J.M., GODWIN, J.R., HALL, A.A., HAMER, M., PARR-DOBRZANSKI, B. 2002. The strobilurin fungicides. *Pest Manag. Sci.* 58(7), 649-662.

BARTLETT, D.W., CLOUGH, J.M., GODWIN, J.R., HALL, A.A., HAMER, M., PARR-DOBRZANSKI, B. 2002. The strobilurin fungicides. *Pest Manag. Sci.* 58(7), 649-662.

BASF. 2002. Strobilurin SC. Manual técnico. São Paulo: BASF, 2002

BERDUGO, C.A. et al. Effect of bixafen on senescence and yield formation of wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v.104, p.171-177. 2012.

BONAFIN, F. 2023. Controle de ferrugem asiática em soja, com e sem aplicação V0, utilizando fungicidas químicos e biológico. Universidade Federal da Fronteira do Sul. 37 pp.

BORGES, N.O.; SOLINO, A.J.S.; FRANCISCHINI, R.; CAMPOS, H.D.; OLIVEIRA, J.S.B.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F. 2022. Induction of soybean resistance mechanisms to anthracnose by biocontrol agents. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.35, n.2, p.265-275.

BRUZAMARELLO J, FRANCESCHI VT, DA CRUZ MP, STEFENI AR, RIBEIRO RA, MAZARO SM. 2018. Defense activation in soybean by the action of amino acids and micronutrient against *Phakopsora pachyrhizi*. *Aust J Basic & Appl Sci.* 12(2):6-9.

BRUZAMARELLO, J.; FRANCESCHI, V.T.; DALACOSTA, N.L.; GONÇALVES, I.; MAZARO, S.M.; REIS, E. 2018. Potencial de fosfitos na indução da resistência em plantas de soja. *Cultura Agrônômica, Ilha Solteira*, v.27, n.3, p.263-273.

BRUZAMARELLO, J; FRANCESCHI, VT; DALACOSTA, NL; GONÇALVES, I; MAZARO, SM; REIS, E. 2018b. Potencial de fosfitos na indução da resistência em plantas de soja. *CA*. 27(3):263–273. doi:10.32929/ 2446-8355.2018v27n3p263-273.

CAMPBELL, C. L. & MADDEN, L. V. 1990. Monitoring epidemics: Diseases. In: CAMPBELL, C. L. & MADDEN, L. V. (ed.) *Introduction to plant disease epidemiology*. New York: J. Wiley, p.107-128.

DE PAULA, S. et al. Potential of resistance inducers for soybean rust management. *Canadian Journal of Plant Pathology*, v. 43, n. sup2, p. S298-S307, 2021.

DE PAULA, S., HOLZ, S., SOUZA, D. H. G., & PASCHOLATI, S. F. 2021. Potential of resistance inducers for soybean rust management. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 43(sup2), S298-S307.

DORIGHELLO DV. 2017. Versatilidade de *Bacillus* spp. no controle biológico de doenças de plantas e na promoção de crescimento da soja. Tese (Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP) Botucatu: Campus de Botucatu. 135p.

DORIGHELLO, DV, BETTIOL, W., MAIA, NB, E DE CAMPOS, RMVB. 2015. Controle da ferrugem asiática da soja SBR (*Phakopsora pachyrhizi*) com *Bacillus* spp. e óleo de café. *Prot*. 67:59-65.

DU, Q.; RAKSUNTORN, N.; ORDUYILMAZ, A.; BRUCE, L. M. 2008. Automatic registration and mosaicking for airborne multispectral image sequences. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 74, n. 2, p. 169-181

FONTAINE F., C. PINTO, J. VALLET, C. CLÉMENT, A.C. GOMES AND A. SPAGNOLO. 2016. The effects of grapevine trunk diseases (GTDs) on vine physiology. *European Journal of Plant Pathology*, v.144, p. 707-721.

GITELSON, A. A.; ZUR, Y.; CHIVKUNOVA, O. B.; MERZLYAK, M. N. 2002. Assessing carotenoid content in plant leaves with reflectance spectroscopy. *Photochemistry and Photobiology*, v. 75, p. 272-281

GODOY, C. V. et al. 2018. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/2018: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos." Londrina, PR: Embrapa Soja, 20 p.

GODOY, C. V. Variação da sensibilidade de populações de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas inibidores da desmetilação no Brasil. Summa Phytopathologica, v. 41, n. 3, p. 191-196, 2015.

GODOY, C.; UTIAMADA, C; SILVA, L.H.; SIQUERI, F. Ensaio de fungicida realizados na safra 2009/10 para avaliar a ação de misturas triazóis e estrobilurinas frente à ferrugem asiática da soja. Revista Cultivar Grandes Culturas, v. 34, p. 55-56. 2010.

GODOY, CV, et al. 2021. Eficiência de fungicidas multissítios e produto biológico no controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2020/2021: resultados sumarizados dos experimentos cooperativos.

GODOY, CV, et al. 2022. Eficiência de fungicidas multissítios e produto biológico no controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2021/2022: resultados sumarizados dos experimentos cooperativos.

GONZÁLEZ-DUGO, V.; ZARCO-TEJADA, P. J.; NICOLÁS, E.; NORTES, P. A.; ALARCÓN, J. J.; INTRIGLIOLO, D. S.; FERERES, E. 2013. Using high resolution UAV thermal imagery to assess the variability in the water status of five fruit tree species within a commercial orchard. Precision Agriculture, v. 14, n. 6, p. 660-678.

GRUPO VITTIA. 2022. Bio-Imune (*Bacillus subtilis* linhagem BV02), o primeiro fungicida microbiológico multissítio <https://vittia.com.br/produto/bio-imune/> Acesso em 16/11/2022.

GRUPO VITTIA. 2022. Bio-Imune (*Bacillus subtilis* linhagem BV02), o primeiro fungicida microbiológico multissítio <https://vittia.com.br/produto/bio-imune/> Acesso em 07/07/2022.

HARTMAN, G.L.; SIKORA, E.J.; RUPE, J.C. Rust. In: HARTMAN, G.L.; RUPE, J.C.; SIKORA, E.J.; DOMIER, L.L.; DAVIS, J.A.; STEFFEY, K.L. 2015. Compendium of soybean diseases and pests. 5. ed. Saint Paul: APS Press, p. 56-59.

HARTMAN, GL, PAWLOWSKI, ML, CHANG, HX E HILL, CB. 2016. Tecnologias e abordagens bem-sucedidas utilizadas para desenvolver e gerir a resistência contra doenças e pragas nas culturas. Páginas 43-66.

HIRANO, M.; HIKISHIMA, M.; SILVA, A. J.; SHAVIER, S.A.; CANTERI, M. G. 2010. Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugem asiática em soja. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v.36, n.3, p.248-250.

IHARA. 2022. Romeo SC (Cerevisane LAS 117 LAS-117), o inovador fungicida biológico para a soja. Acesso em 07/07/2022.

IHARA. 2022. Romeo SC (Cerevisane LAS-117), o inovador fungicida biológico para a soja. https://ihara.com.br/produtos/romeo/?utm_source=google&utm_medium=pesquisa&utm_campaign=romeo_soja&utm_content=dinamico&gclid=EAJaIQobChMIsPPF7unm-AIVIexcCh2aigEpEAAYASAAEgL8kvD_BwE Acesso em 16/11/2022.

J.V., SANTOS, J.R. AND SILVA, J.C. 2022. Integrating a *Bacillus*-based product with fungicides by foliar application to protect soybean: a sustainable approach to avoid exclusive

JENSEN, J.R. 2009. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese.

JUNGES, A.H.; ALMANÇA, M.A.K.; DUCATI, J.R.; LAMPUGNANI, C.S. 2017. Espectrorradiometria para Detecção de Alterações na Assinatura Espectral de Folhas de Videiras por Doenças de Causa Fúngica e Viral. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR.

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agrofit: Produtos indicados. [S.l.], 2021. Disponível em: < http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 16/11/2022.

MARINO, S.; ALVINO, A. 2014. Proximal sensing and vegetation indices for site-specific evaluation on an irrigated crop tomato. *Eur. J. Remote Sens.* 47, 271–283.

MUNIZ, C. R., PANIAGO, H. L., BRAZ, G. B. P., CAMPOS, H. D., & FREIRE, E. S. 2023. Associação de *Bacillus subtilis* BV02 e produto à base de cobre no controle da ferrugem asiática na soja. *Summa Phytopathologica*, 49, e241169.

MUNIZ, C.R.; PANIAGO, H.L.; BRAZ, G.B.P.; CAMPOS, H.D.; FREIRE, E.S. 2023. Associação de *Bacillus subtilis* BV02 e produto à base de cobre no controle da ferrugem asiática na soja. *Summa Phytopathologica*, v.49, p.1-9.

NTECH INDUSTRIES. Greenseeker Manuals. Disponível em: <http://www.ntechindustries.com/greenseeker-manual.html>. Acesso em: 15/julho/2022

OLIVEIRA, R. F. 2005. Efeito fisiológico do F 500 na planta de soja e milho. Atualidades Agrícolas, BASF, São Paulo, 2005. p. 9-11.

PADILLA, F.M.; GALLARDO, M.; PEÑA-FLEITAS, M.T.; DE SOUZA, R.; THOMPSON, R.B. 2018. Proximal optical sensors for nitrogen management of vegetable crops: A review. *Sensors* 18, 2083.

RADHAKRISHNAN, R.; HASHEM, A.; ABD_ALLAH, E. F. 2017. *Bacillus*: A Biological Tool for Crop Improvement through Bio-Molecular Changes in Adverse Environments. *Frontiers in Physiology*, v. 8, 6.

DUHATSCHEK, E., SANTOS, L. A., & FARIA, C. M. D. R. 2018. Sensibilidade de isolados de *Phakopsora pachyrhizi* provenientes da região do centro oeste do Paraná a fungicidas. *Summa Phytopathologica*, 44(2), 193-194.

RASI, J. R. 2008. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em pulverização agrícola. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, PP. 70

REIS, E. M.; REIS A. C; ZANNATTA, M.; CARREGAL, L. H; SIQUERI, F. V.; SILVA, J. R. C. 2017. Evolução da redução da sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas e estratégia para recuperar a eficiência do controle. 3^a edição rev. e atual, Passo Fundo, Berthier, 104 p.

REIS, E.M., DEUNER, E., ZANATTA, M., REIS, E.M., DEUNER, E., ZANATTA, M. 2015. In vivo sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* to DMI and QoI fungicides. *Summa Phytopathol.*41, 21-24.

REIS, M.R; REIS A.C; ZANNATA M; SILVA L.H; SIQUERI F.V. 2017. Evolução da redução da sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas e estratégia para recuperar a eficiência do controle: 17-88.

SANTOS, F.M., VIERA, L.S., CAMARGO, D.P., MUNIZ, M.F., COSTA, I.F., GUEDES, SEIXAS C, D, S et al. 2020. Tecnologias de Produção de Soja (2020) editores técnicos. – Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p.

SILVA, A. L. D., CANTERI, M. G., & MOREIRA, G. D. G. 2024. Comparação de imagens aéreas com câmeras NIR usando veículos não tripulados (VANTs) para estimativa de severidade e desfolha de *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja. *Summa Phytopathologica*, pp. 50.

SILVA, S. A. 1999. Estimativa de herança do caráter “stay-green” em genótipos de milho hexaplóides. 56. f. Dissertação (Mestrado em Fitomelhoramento) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

UEBEL, J. D. 2015. Avaliação de fungicidas no controle de doenças foliares, grãos ardidos e efeito no NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) em híbridos de milho. xiv, 119 f., il. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília. use of chemicals. *Pest Manag Sci*, 78: 4832-4840.

WU, Y.X., TIEDEMANN, A.V. 2001. Physiological effects of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat. *Pest. Bioch. Phys.* 71(1), 1–10.

XAVIER, S. A.; KOGA, L. J.; BARROS, D. C. M.; CANTERI, M. G.; LOPES, I. O. N.; ZAMBOLIM, L. 2007. Manejo da resistência de fungos a fungicidas. Departamento de Fitopatologia, UFV: 30-90.

CAPÍTULO 3

INTEGRAÇÃO DE FUNGICIDAS BIOLÓGICOS, QUÍMICOS E RESISTÊNCIA GENÉTICA NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA

INTEGRAÇÃO DE FUNGICIDAS BIOLÓGICOS, QUÍMICOS E RESISTÊNCIA GENÉTICA NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA

RESUMO

A cultura da soja (*Glycine max*) é afetada por diversos patógenos, incluindo fungos, bactérias, fitoplasmas, espiroplasmas, vírus, nematoides, dentre outros. Em relevância, a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) é uma das principais doenças da cultura, principalmente em áreas com semeadura mais tardia. Atualmente, existem várias estratégias difundidas no controle da doença, incluindo calendarização de plantio, vazio fitossanitário, utilização de fungicidas químicos e biológicos, resistência genética, dentre outros. Pela existência de produtos biológicos comerciais, a interação entre fungicidas químicos, biológicos e resistência genética é minimamente conhecida. Nesse intuito, ensaios em campo foram realizados na localidade de Rio Verde - GO, nas safras 2021/22 e 2022/23, com o objetivo de avaliar a eficiência de fungicidas biológicos associados aos fungicidas sítio-específico com uma cultivar resistente. A cultivar utilizada foi a TMG 7063 Inox® (GM: 7.0; ciclo precoce: 110 dias; resistente a *P. pachyrhizi*). Os fungicidas químicos utilizados foram: Fox Xpro® [Trifloxistrobina/Estrobilurina + Protiocanazol/Triazol + Bixafem/Carboxamida (150 + 175 + 125 g i.a. ha⁻¹)], Cypress 400 EC® [Ciproconazol/Triazol + Difenconazol/Triazol (150 + 250 g i.a. ha⁻¹)], Ativum® [Epoconazol/Triazol + Fluaxapiraxade/Carboxamida + Piraclostrobina/Estrobilurina (50 + 50 + 81 g i.a. ha⁻¹)]. Os fungicidas biológicos utilizados foram: Romeo SC® [Cerevisane LAS 117/Microbiológico (100 g i.a. ha⁻¹)] e Bio-Imune SC® [*Bacillus subtilis* BV02/Microbiológico (42 g i.a. ha⁻¹)]. Foram realizados 11 tratamentos fungicidas e um tratamento testemunha sem controle. Os tratamentos foram dispostos com a associação dos fungicidas biológicos e químicos. Os fungicidas biológicos também foram testados isoladamente em 4 aplicações (30, 45, 60 e 75 DAE - dias após a emergência), em 3 aplicações (45, 60 e 75 DAE) e posicionamento preventivo, com duas aplicações (30 e 45 DAE), conforme orientação das empresas detentoras. Foi mensurada a severidade da FAS em avaliações que ocorreram de 26/01 a 12/03/2023, nos seguintes momentos: pré-spray 1 (antes da primeira aplicação), 7 DAA¹ (dias após a primeira aplicação), 7 DAA² (dias após a segunda aplicação), 7 DAA³ (dias após a terceira aplicação), pré-spray 4, 7 DAA⁴ (dias após a quarta aplicação). Também foi avaliado a produtividade, MMG (massa de mil grãos), medição de vigor através de refletância por infravermelho (aparelho medidor: Green Seeker

Handheld Trimble® e fotografias NDVI/ Normalized Difference Vegetation Index (drone eBee Ag® - lente Sensefly Duet M®). Em relação a AACPD (Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença), os tratamentos envolvendo a levedura Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE) + fungicidas sítio específicos associados (30, 45, 60 e 75 DAE) e tratamentos apenas com fungicidas específicos isolados apresentaram os melhores controles da doença. Quanto a variável NDVI, mensurada pelo aparelho de mão Green Seeker, o tratamento biológico Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE) obteve o maior índice de vegetação, já o NDVI obtido por fotografias de drone evidenciou que os tratamentos com fungicidas biológicos apresentaram as menores vegetações, com a faixa 0,688, semelhantes à testemunha. Os tratamentos envolvendo fungicidas químicos e biológicos associados e também apenas químicos isolados apresentaram índices de vegetação superiores. Quanto à produtividade, os tratamentos envolvendo biológicos isolados, posicionados com quatro aplicações (30, 45, 60 e 75 DAE), três aplicações (45, 60 e 75 DAE) e duas aplicações preventivas (30 e 45 DAE), apresentaram resultados inferiores, tendo semelhanças estatísticas com o tratamento testemunha. Os tratamentos contendo aplicações de fungicidas sítio-específicos e em alguns casos associados com biológicos, obtiveram as melhores produtividades dentre os tratamentos. Em relação a massa de mil grãos (MMG), os tratamentos envolvendo fungicidas sítio-específico e associações com fungicidas biológicos apresentaram os maiores incrementos em peso de mil grãos.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*; controle químico; controle biológico; resistência genética; triazol; estrobilurina; carboxamida; *Bacillus subtilis*; cerevisane LAS 117.

INTEGRATION OF BIOLOGICAL AND CHEMICAL FUNGICIDES AND GENETIC RESISTANCE IN THE CONTROL OF SOYBEAN RUST

ABSTRACT

The soybean (*Glycine max*) crop is affected by several pathogens, including fungi, bacteria, phytoplasmas, spiroplasmas, viruses, nematodes, among others. In relevance, Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi*) is one of the main crop diseases, especially in areas with later sowing. Currently, there are several widespread strategies to control the disease, including planting scheduling, phytosanitary void, use of chemical and biological fungicides, genetic resistance, among others. Due to the recent use of commercial biological products, the interaction between chemical and biological fungicides and genetic resistance is minimally known. To this end, field trials were carried out in the town of Rio Verde - GO, in the 2021/22 and 2022/23 harvests, with the objective of evaluating the efficiency of biological fungicides associated with site-specific fungicides with a resistant cultivar. The cultivar used was TMG 7063 Inox® (GM: 7.0; early cycle: 110 days; resistant to *P. pachyrhizi*). The chemical fungicides used were: Fox 250 g a.i. ha⁻¹], Ativum® [Epoiconazole/Triazole + Fluaxaproxad/Carboxamide + Pyraclostrobin/Strobilurin (50 + 50 + 81 g a.i. ha⁻¹)]. The biological fungicides used were: Romeo SC® [Cerevisane LAS 117/Microbiológico (100 g a.i. ha⁻¹)] and Bio-Imune SC® [*Bacillus subtilis* BV02/Microbiológico (42 g a.i. ha⁻¹)]. 11 fungicide treatments and 1 control treatment were carried out without control. The treatments were arranged with the association of biological and chemical fungicides. Biological fungicides were also tested separately in 4 applications (30, 45, 60 and 75 DAE - days after emergence), in 3 applications (45, 60 and 75 DAE) and preventive positioning, with two applications (30 and 45 DAE) , as per guidance from the holding companies. The severity of FAS was measured in assessments that took place from 01/26 to 03/12/2023, at the following moments: pre-spray 1 (before the first application), 7 DAA¹ (days after the first application), 7 DAA² (days after the second application), 7 DAA³ (days after the third application), pre-spray 4, 7 DAA⁴ (days after the fourth application). Productivity, MMG (thousand grain mass), vigor measurement through infrared reflectance (measuring device: Green Seeker Handheld Trimble®) and NDVI/Normalized Difference Vegetation Index photographs (eBee Ag® drone - Sensefly Duet M lens®) were also evaluated. Regarding AUDPC (Area Under the Disease Progress Curve), treatments involving the yeast Cerevisane LAS 117 (30 and 45

DAE) + associated site-specific fungicides (30, 45, 60 and 75 DAE) and treatments with only isolated specific fungicides presented the best disease control. Regarding the NDVI variable, measured by the Green Seeker handheld device, the biological treatment Cerevisane LAS 117 (30 and 45 DAE) obtained the highest vegetation index, while the NDVI obtained by drone photographs showed that treatments with biological fungicides presented the lowest vegetation, with the 0.688 range, similar to the control. Treatments involving associated chemical and biological fungicides and also only isolated chemicals presented higher vegetation indexes. Regarding the productivity components $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, the treatment involving isolated biologicals, positioned with four applications (30, 45, 60 and 75 DAE), three applications (45, 60 and 75 DAE) and two preventive applications (30 and 45 DAE), presented inferior results, having statistical similarities with the control treatment. The treatments containing site-specific fungicide applications and in some cases associated with biologicals, obtained the best productivity among the treatments. In relation to thousand grain weight (MMG), the treatments involving site-specific fungicides and associations with biological fungicides presented the greatest increases in thousand grain weight.

Keywords: *Phakopsora pachyrhizi*; chemical control; biological control; genetic resistance; triazole; strobilurin; carboxamide; *Bacillus subtilis*; cerevisane LAS 117.

1. INTRODUÇÃO

Nas safras atuais, as doenças de parte aérea mais incidentes estão sendo as manchas foliares, causadas por patógenos necrotróficos. Dessa forma, a mancha alvo (*Coynespora cassicola*), cercosporiose (*Cercospora kikuchii*) e septoriose (*Septoria glycines*) estão ocorrendo de forma cada vez mais antecipada no ciclo da soja. Entretanto, em plantios de fechamento de área (plantios tardios) e em safras específicas, com devidas condições para o desenvolvimento do *P. pachyrhizi*, a ferrugem asiática ainda provoca grandes danos, podendo gerar até 75% de perdas produtivos (Reis et al. 2017).

A utilização de fungicidas ainda é o principal método de manejo da ferrugem na soja, porém a ampla utilização, muitas vezes incorreta, acaba por gerar populações do patógeno com resistência múltipla aos ingredientes de ação sítio específico, gerando a diminuição da eficácia de vários fungicidas do mercado, sendo um problema para o manejo da doença, devido ao alto custo e tempo para formulação e lançamento de novas moléculas de ação monossítio (Beruski et al. 2020).

A resistência de *P. pachyrhizi* a grupos químicos específicos, a exemplos, triazóis, estrobilurinas e mais recentemente as carboxamidas, geram empenho e dedicação de pesquisadores para encontrar novas estratégias de controle ou otimização de estratégias antigas. Dessa forma, atualmente as estratégias foram complementadas, com a rotação de vários princípios ativos dentro de cada grupo químico, utilização de fungicidas multissítios em associação, utilização de cultivares com resistência parcial a também a utilização de fungicidas biológicos, como exemplos: Bio-imune® e Romeo® (Godoy et al. 2020).

Os trabalhos e programas para controle da ferrugem asiática possuem ferramentas bem consolidadas, com a utilização de fungicidas químicos. Outra estratégia para o manejo da FAS é a utilização de cultivares denominadas Inox, com resistência advinda de genes Rpp's, com os materiais genéticos sendo melhorados ao longo das safras e adquirindo melhores características agronômicas, sendo bastante utilizadas em regiões com alta pressão do patógeno e em plantios tardios. Já os biológicos, ainda é um tema pouco estudado no controle de doenças foliares da cultura da soja, especialmente a ferrugem asiática, sendo os primeiros produtos lançados a partir da safra 2019. Dessa forma, a interação desses três fatores é extremamente escassa, nesse sentido, o presente trabalho objetivou compreender a utilização de material resistente (TMG 7063 IPRO Inox®) associado a aplicações de fungicidas

biológicos e químicos, com o intuito de gerar novos posicionamentos no controle da doença, envolvendo estratégias atuais e inovadoras.

2. METÓDOS E MATERIAIS

2.1 Caracterização do local

O ensaio UnB 04 foi conduzido em campo na área experimental da Agro Carregal (Rio Verde - GO), nas safras 2021/22 e 2022/23. A coordenada geográfica do experimento foi: latitude S 17°46'56.787"; longitude O 51°0'37.234"; 769.5 metros de altitude.

O solo da localidade se caracteriza como vermelho distrófico, o qual já vem em atividade agrícola desde os anos 2000, tendo uma maior intensificação a partir de 2013. Possui as seguintes propriedades químicas: pH (CaCl₂): 5,64; M.O.: 22,13 mg.dm⁻³; V: 53,46 %; K: 1,76 Cmolc.dm⁻³; S: 28,06 mg.dm⁻³; P (Mehlich 1): 18,13 mg.dm⁻³; Ca: 21,86 Cmolc.dm⁻³; Mg: 8,6 Cmolc.dm⁻³; Al: 0,00 Cmolc.dm⁻³; Na: 0,2 Cmolc.dm⁻³; B: 0,63 mg.dm⁻³; Cu: 2,15 mg.dm⁻³; Fe: 9,0 mg.dm⁻³; Mn: 6,3 mg.dm⁻³; Zn: 1,7 mg.dm⁻³; H+Al: 21,40 Cmolc.dm⁻³; SB: 32,73 Cmolc.dm⁻³; C.T.C: 53,77 Cmolc.dm⁻³. As proporções granulométricas são: 473 g.kg⁻¹ de argila; 209 g.kg⁻¹ de silte; 317 g.kg⁻¹ de areia.

2.2 Semeadura e manejo da soja

O plantio do ensaio UnB 04 foi realizado em 17 de dezembro de 2021 e 17 de dezembro de 2022, utilizando a cultivar TMG 7063 Inox®. A semeadura foi realizada com a plantadeira John Deere (JD 1111® - 8 linhas), no SPD (sistema de plantio direto), em cima de palhada do milho-safrinha (*Zea mays*).

A densidade populacional adotada foi de 340.000 plantas. ha⁻¹, conferindo espaçamento entre linhas de 0,50 m e 17 sementes.m⁻¹. O tratamento de sementes (TS) foi realizado com o inseticida de amplo espectro Fortenza Duo® (ciantraniliprole/diamida antranílica e tiametoxam/neonicotinóides) e inoculantes Rizoliq LLI® (*Bradyrhizobium japonicum*) e Biomax Premium® (*Bradyrhizobium elkanii* e *B. japonicum*). A fertilização de base foi realizada com N-P-K formulado (02-18-18), na dosagem de 320 kg/ha⁻¹.

As práticas de manejo da soja empregadas nos ensaios experimentais, incluindo fertilização, controle de plantas daninhas [capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), capim-

colchão (*Digitaria horizontalis*), tiririca (*Cyperus rotundus*), corda-de-viola (*Ipomea* sp)] e de insetos [complexo *Spodoptera* (*Spodoptera eridania*, *S. cosmioides*, *S. frugiperda*), metaleiro (*Magacelis* sp.), percevejo marrom (*Euschistus heros*), brasileirinho (*Diabrotica speciosa*) e mosca-branca (*Bemisia tabaci*)] foram realizadas seguindo as estratégias técnicas para a cultura na região Centro-oeste (Tecnologias, 2020).

2.3 Condições ambientais durante a condução do experimento

A cidade de Rio Verde (GO) está localizada na região edafoclimática 301 (sudoeste goiano), onde o clima da região é caracterizado como tropical, com as estações secas e chuvosas bem definidas (verões chuvosos e invernos secos). A média de precipitação anual é de 1493 mm, com 95% da distribuição das chuvas geralmente ocorrendo entre outubro e abril. As temperaturas médias variam de 20 a 23 °C, porém podem chegar a 34 °C nos meses antecedentes as primeiras chuvas (agosto e setembro) e a 12 °C no inverno (junho e julho). Os dados climáticos durante a realização dos ensaios estão apresentados nos anexos VII e VIII.

2.4 Aplicações dos Tratamentos Fungicidas

No ensaio UnB 04, com o propósito de analisar a resposta da cultivar TMG 7063® (resistente) ao programa de fungicidas químicos e biológicos, foram realizadas de uma a quatro aplicações (30 > 45 > 60 > 75 DAE - dias após a emergência) dos fungicidas específicos e fungicidas biológicos.

A pulverização dos fungicidas foi realizada com pulverizador de precisão e pressão constante (CO₂), constituído de barra de pulverização de três metros e seis pontas do tipo leque-duplo JGT 110.02, com calibração de volume de calda para 150 L ha¹. A pressão de trabalho foi constante (30 kPa) e o controle do volume de calda se deu pela velocidade de aplicação.

O pulverizador costal possui dois nanômetros, sendo um na saída do cilindro de CO₂ e outro na barra de pulverização, permitindo monitoramento constante da pressão de trabalho. Ademais, o sistema trabalha com volume de calda exata para a área a ser aplicada, permitindo a identificação e correção imediata caso ocorra algum problema na aplicação.

As datas, horários, estádios fenológicos da soja e condições ambientais no momento de cada aplicação estão descritos nas tabelas 35 e 36.

Tabela 35. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB 04 - Época 1 (safra 2021/22).

	1ª Aplicação	2ª Aplicação	3ª Aplicação	4ª Aplicação
Data	26/01/2022	11/02/2022	26/02/2022	12/03/2022
Intervalo de Aplicação	-	15 dias	15 dias	16 dias
Horário Início	14:39	08:00	08:06	08:39
Horário Final	14:56:47	08:25:54	08:32:40	09:07:13
Temperatura Ar (°C)	29.5°C	19.9°C	22.58°C	22.89°C
Umidade Relativa (%)	49%	93%	81%	84%
Velocidade do Vento (km/h)	3.05 km/h	2.01 km/h	1.55 km/h	1.52 km/h
Visibilidade (%)	96%	100%	18%	99%
Condição do Solo	Seco	Seco	Seco	Seco
Tipo de Aplicação	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal
Estádio Cultura (Fehr & Caviness; BBCH)	V8 (BBCH - 19)	R1 (BBCH - 51)	R3 (BBCH - 69)	R5 (BBCH - 79)
Propelente	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
Diluyente	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
Ponta pulverização	110.02	110.02	110.02	110.02
Volume da ponta	150 L/ha	150 L/ha	150 L/ha	150 L/ha
Número de pontas	6	6	6	6
Espaçamento entre pontas (cm)	50	50	50	50
Pressão	30	30	30	30
Volume de calda (L/ha)	150	150	150	150
Velocidade da aplicação (km/h)	4,5	4,5	4,5	4,5

*Fenologia da soja de acordo com as escalas Fehr & Caviness, 1977 e BBCH (Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical - Munger et al., 1997).

*Aplicador: Carlos Augusto Gusatti

Tabela 36. Datas e condições ambientais e de aplicação do ensaio UnB 04 - Época 2 (safra 2022/23).

	1ª Aplicação	2ª Aplicação	3ª Aplicação	4ª Aplicação
Data	24/01/2023	13/02/2023	27/02/2023	13/03/2032
Intervalo de Aplicação	-	15 dias	15 dias	16 dias
Horário Início	15:41:15	10:14:03	15:45:32	08:20:17
Horário Final	16:03:15	10:42:23	16:20:25	08:41:05
Temperatura Ar (°C)	24.5°C	22.7°C	24.4°C	21.2°C
Umidade Relativa (%)	89%	92%	80%	80%
Velocidade do Vento (km/h)	1.65 km/h	2.10 km/h	1.75 km/h	1.90 km/h
Visibilidade (%)	96%	100%	18%	99%
Condição do Solo	Seco	Seco	Seco	Seco
Tipo de Aplicação	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal	Pulverizador Costal
Estádio Cultura (Fehr & Caviness; BBCH)	V8 (BBCH - 19)	R1 (BBCH - 51)	R3 (BBCH - 69)	R5 (BBCH - 79)
Propelente	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
Diluyente	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
Ponta pulverização	110.02	110.02	110.02	110.02
Volume da ponta	150 L/ha	150 L/ha	150 L/ha	150 L/ha
Número de pontas	6	6	6	6
Espaç. entre pontas (cm)	50	50	50	50
Pressão	30	30	30	30
Volume de calda (L/ha)	150	150	150	150
Veloc. da aplicação (km/h)	4,5	4,5	4,5	4,5

*Fenologia da soja de acordo com as escalas Fehr & Caviness, 1977 e BBCH (Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical - Munger et al., 1997).

*Aplicador: Carlos Augusto Gusatti

2.5 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas experimentais foram compostas por 8 linhas de soja, com 5m de comprimento por 4 m de largura (5m x 4m), gerando 20 m² de área total. A área útil de cada parcela foi composta por 4 linhas centrais, de 5 metros de comprimento, excluindo 1 m das extremidades referentes as bordaduras, assim obtendo 15 m² de área útil. Os princípios ativos utilizados e respectivos tratamentos do ensaio UnB04 estão dispostos nas tabelas 37 e 38.

Tabela 37. Fungicidas químicos e biológicos utilizados, com seus respectivos nomes comerciais, princípios ativos e concentrações de ingrediente ativo e doses (Ensaio: UnB 04).

Princípio Ativo	Nome comercial	g ia.ha ⁻¹ *	L ou kg/ha**
Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	Fox Xpro	15 + 175 + 25	0,5
Ciproconazol + Difenconazol	Cypress 400 EC	150 + 250	0,5
Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina	Ativum	50 + 50 + 81	0,8
<i>Bacillus subtilis</i> BV02	Bio-imune***	42	1,0
Cerevisane LAS 117	Romeo SC***	100	0,75

*dose de ingrediente ativo (ia); **dose do produto comercial. ***os fungicidas biológicos Bio-Imune (*Bacillus subtilis* BV02) e Romeo SC (Cerevisane LAS 117) possuem compatibilidade com os ingredientes ativos dos fungicidas utilizados, conforme posicionamento e informe das empresas detentoras.

Tabela 38. Tratamentos do ensaio UnB04. Cultivar: TMG 7063 Inox®.

Tratamentos	Dose (L,Kg/ha)	Estádio de aplicação
1.Testemunha	-	-
2.Cerevisane LAS 117*	0,75	30>45>60>75 DAE**
3. <i>Bacillus subtilis</i> BV02	1,0	30>45>60>75 DAE
4.Cerevisane LAS 117	0,75	45>60>75 DAE
5. <i>Bacillus subtilis</i> BV02	1,0	45>60>75 DAE
6.Cerevisane LAS 117	0,75	30>45 DAE
7. <i>Bacillus subtilis</i> BV02	1,0	30>45 DAE
8.Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol]	0,75 + 0,5 + 0,5	30>45 + 60 + 75 DAE
9. <i>Bacillus subtilis</i> BV02 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol]	1,0 + 0,5 + 0,5	30>45 + 60 + 75 DAE
10.[Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol]	0,3 + 0,8 + 0,5 + 0,5	30 + 45 + 60 + 75 DAE
11.[Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol]	0,8 + 0,5 + 0,5	45 + 60 + 75 DAE
12.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol]	0,5 + 0,5	60 + 75 DAE

*Produtos comerciais: Romeo SC (Cerevisane LAS 117); Bio-imune (*Bacillus subtilis* BV02); Fox Xpro ([Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem); Cypress 400 EC ([Ciproconazol + Difenconazol); Ativum (Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina); **DAE (dias após a emergência).

2.6 Variáveis mensuradas

2.6.1 Severidade da ferrugem asiática

As avaliações de severidade foram realizadas com base na escala proposta por Godoy et al. (2006). Foram avaliados quatro trifólios (um por planta) das linhas centrais (linhas 3 e 5) de cada parcela. Os nós escolhidos para as avaliações foram seguindo a evolução da doença no tempo (progresso da doença), sendo divididos nos terços inferior, médio e superior do dossel da planta.

As avaliações foram realizadas semanalmente, após a presença dos primeiros pontos de inóculo na estação experimental. Os momentos de avaliações ocorreram em: pré-spray 1, 7 DAA¹ (dias após a primeira aplicação), pré-spray 2, 7 DAA² (dias após a segunda aplicação), pré-spray 3, 7 DAA³ (dias após a terceira aplicação), pré-spray 4, 7 DAA⁴ (dias após a quarta aplicação). As avaliações ocorreram de 26/01 a 12/03/2022. A Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) foi calculada a partir da soma das áreas trapezoidais da curva (Campbell & Madden, 1990).

2.6.2 Green Seeker Handheld Trimble® - NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)

O primeiro sensor “GreenSeeker®” foi desenvolvido pela Universidade de Oklahoma (EUA), na década de 1990. O princípio do aparelho é a utilização de diodos na emissão de radiação nas faixas do vermelho (650 nm - nanômetros) e infravermelho próximo (770 nm). A leitura de reflectância é calculada por um processador interno, fornecendo o “Índice de Vegetação por Diferença Normalizada” (NDVI), que é transmitido a um computador portátil adaptado ao sensor (Marino & Alvino, 2014; Padilla et al. 2018).

As taxas do aparelho variam de 0,00 a 0,99, onde o índice de vegetação se eleva com a concentração de pigmentos fotossintetizantes (clorofilas “a” e “b”) no dossel da planta, evidenciando os teores de nitrogênio e secundariamente de magnésio (elemento central da clorofila). Como o *P. pachyrhizi* é um patógeno atuante no processo fotossintético, a área foliar deteriorada pelo fungo é escaneada no sensor, gerando um nível de reflectância variável de acordo com a área afetada (Ntech Industries, 2022; Agro Trimble, 2022).

Na leitura das plantas do ensaio UnB 04 através do Green Seeker Handheld Trimble®, foram analisados dois pontos na mesma altura (altura de quadril do avaliador - 1,06 m) de duas plantas pertencentes às linhas centrais 3 e 5 de cada parcela.

2.6.3 Fotografias multiespectrais NDVI obtidas por VANT

O termo “Veículo Aéreo Não Tripulado” (VANT) é mundialmente conhecido e inclui uma ampla gama de aeronaves que são autônomas, semiautônomas ou remotamente operadas, inclusive para fins agronômicos. De acordo com a ABA (Associação Brasileira de Aeromodelismo), a definição para VANT é: “um veículo capaz de voar na atmosfera, fora do efeito de solo, sendo projetado ou modificado para não receber um piloto humano e que é operado por controle remoto ou autônomo” (Rasi, 2008).

Com certa versatilidade, os VANT's também veem sendo utilizado na fotogrametria agrícola, contribuindo para a agricultura de precisão. Atualmente, são utilizados para detecção de danos fitossanitários envolvendo: deficiências nutricionais, incidência de ervas daninhas, ataques de insetos/aracnídeos e também infecção de patógenos. Além do mais, os Vant's podem ser acoplados a câmeras especiais, como as NIR (Near Infrared/Infravermelho próximo). As câmeras NIR geram imagens multiespectrais coloridas e simultaneamente fornecem o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada” (NDVI), que servirão como indicadores de qualidade e fitossanidade do cultivo (Gitelson et al. 2002; Du et al. 2008; Gonzáles-Dugo et al. 2013).

2.6.4 Componentes de produtividade

A produtividade da soja foi mensurada, a partir da colheita da área útil da parcela (linhas centrais 3 e 5 = 8 m²). As plantas das linhas centrais foram retiradas manualmente, postas em trechos e trilhadas em trilhador estacionário. O montante de grãos resultante de cada parcela foi acondicionado em sacos de pano etiquetados e transportados até o laboratório de sementes da Agro Carregal®, onde posteriormente foi realizado a pesagem geral, conferência de umidade e separação da massa de mil grãos (MMG).

2.7 Análise de dados

O delineamento, tratamentos aplicados e a metodologia de aplicação empregados no ensaio UnB 04, foram os mesmos para os tratamentos e épocas, conduzidos na estação Agro Carregal®, nas safras 2022/23 e 2023/24. As análises estatísticas foram realizadas com o software estatístico SISVAR® (versão 5.6), com o teste para comparação de médias (método Scott-Knott, a nível de 5%).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ensaio denominado UnB 04, as condições ambientais foram adequadas ao progresso da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). A semeadura tardia e histórico da doença na estação experimental Agro Carregal também contribuíram com altas severidades da FAS.

As variáveis analisadas, AACPD (Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença), NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - Green Seeker Handheld Trimble® e VANT eBee Ag®), produtividade e massa de mil grãos (MMG) foram afetadas pelos fungicidas químicos e biológicos.

3.1 Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD)

Houve diferença significativa na severidade da ferrugem asiática, representada pela AACPD, entre os tratamentos envolvendo fungicidas biológicos e químicos, testados na cultivar resistente TMG 7063®. Os maiores valores de AACPD foram observados na segunda época do experimento UnB 04, em alguns tratamentos apresentando até 31% de diferença em severidade dentre as duas épocas.

Na primeira época, os tratamentos 8 - Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45 + 60 + 75 DAE), 9 - *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45 + 60 + 75 DAE) e 10 - [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxaproxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30, 45, 60 e 75 DAE) apresentaram os melhores

controles da doença. Dessa forma, os fungicidas biológicos associados com os químicos em aplicações preventivas apresentaram melhores resultados em comparação com os biológicos colocados isoladamente em vários posicionamentos (30, 45, 60 e 75 DAE). Em estudo realizado por Muniz et al. (2023), os tratamentos envolvendo *B. subtilis* BV02, isolado ou associado ao cobre apresentaram eficiência bastante inferior que os tratamentos associados com aplicação de fungicidas químicos específicos (azoxistrobina + benzovindiflupir) e multissítio (mancozebe), relatando que as plantas que receberam o controle químico, apresentaram uma AACPD inferior.

Os tratamentos variando de 2 a 7, compostos por apenas fungicidas biológicos, apresentaram AACPD semelhantes à testemunha. Em tais tratamentos, os fungicidas biológicos foram posicionados isoladamente em quatro intervalos fenológicos, variando de programas de 1 a 4 aplicações ao longo do ciclo da cultura (30>45>60>75 DAE; 45>60>75 DAE; 30>45 DAE).

Na segunda época, a AACPD foi maior em todos os tratamentos, em relação à primeira época. Praticamente todos os tratamentos se diferiram estatisticamente entre si, sendo que os tratamentos 10 - [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE) e 11 - [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (45, 60 e 75 DAE) apresentaram os menores valores de AACPD. É evidente que a grande quantidade de princípios ativos rotacionados, pertencentes aos grupos químicos estrobilurina, triazol e carboxamida, apresentam maior eficácia no controle da doença (Reis et al. 2017).

Nas duas épocas do ensaio, o tratamento [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE) proporcionou a menor AACPD. Em estudo realizado por Muniz et al. (2023), tratamentos com fungicidas químicos evidenciaram menores valores de severidade de ferrugem asiática em comparação com os demais tratamentos biológicos.

O tratamento 12, dentre os tratamentos fungicidas, proporcionou a maior AACPD, devido a aplicações tardias (60 e 75 DAE). Lourenço et al. (2014), avaliando o efeito da aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*),

observaram que aplicações tardias de piraclostrobina + epoxiconazole não foram eficientes na redução dos valores da AACPD.

Tabela 39. Área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática (AACPD) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 1 (safra 2021/22).

Trat.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TMG	1106,2b	902,8b	810,9b	885,9b	992b	1001,2b	950,6b	698a	660,9a	396,6a	478,1a	848,4b

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 (45, 60 e 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 (45, 60 e 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 (30 e 45 DAE); 8: Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 9: *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 10: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoxiconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE); 11: [Epoxiconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (45, 60 e 75 DAE); 12: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE).

Tabela 40. Área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática (AACPD) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 2 (safra 2022/23).

Trat.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TMG	1950j	1762i	1598f	1672h	1687h	1537e	1447c	1481d	1470d	1222a	1380b	1635g

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 (45, 60 e 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 (45, 60 e 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 (30 e 45 DAE); 8: Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 9: *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 10: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoxiconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE); 11: [Epoxiconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (45, 60 e 75 DAE); 12: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE).

3.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Na avaliação de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), a qual foi mensurada pelo aparelho Green Seeker Handheld Trimble® e fotografias capturadas pelo drone Bee Ag®, foi significativamente afetada pelos tratamentos envolvendo fungicidas biológicos e químicos na cultivar resistente TMG 7063®.

Na primeira época do ensaio, não houve diferença significativa dentre os tratamentos e a testemunha. Considerando valores absolutos, o tratamento 10 - [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiroxade + Piraclostrobrina] + [Trifloxistrobina + Protiocozol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocozol] (30, 45, 60 e 75 DAE) apresentou o melhor índice de vegetação na linha 3. A utilização de vários fungicidas com princípios ativos distintos é uma estratégia válida tanto para o controle da doença diretamente, quanto para evitar resistência múltipla e/ou cruzada de fungicidas sítio-específico. Ademais, estrobilurinas e carboxamidas possuem efeitos fisiológicos importantes para retenção foliar e aumento do teor de clorofila, o que gera maiores refletâncias em infravermelho e maiores taxas de vegetação (Godoy et al. 2017). Na linha 5, o tratamento 8 - Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protiocozol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocozol] (30+45 + 60 + 75 DAE) proporcionou o melhor índice de vegetação em valores absolutos. Fungicidas específicos em mistura tripla (triazol + estrobilurina + carboxamida) proporcionam controles satisfatórios da ferrugem asiática e atualmente, o indutor de defesa Cerevisane LAS 117, posicionado preventivamente (30 e 45 DAE) em mistura de calda com os fungicidas específicos, também promove incremento no controle da FAS (De Paula et al. 2021; Meyer et al. 2023).

Na segunda época, houve grande diferença entre os tratamentos fungicidas e também com a testemunha. Na linha 3, a testemunha apresentou o maior NDVI. Na linha 5, o tratamento 6 Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE) obteve a melhor vegetação, com o índice de 0,58. Em estudo realizado por Angelini et al. (2019), foi relatado que o indutor de defesa Cerevisane ativou positivamente a expressão de genes associados às respostas de defesa contra fungos, incluindo a ativação de ácido salicílico, ácido jasmônico, etileno, proteínas relacionadas a patogênese (PR proteins), fenilalanina amônia-liase (PAL), lipoxigenase e genes SOD (superóxido dismutase), gerando ativação do sistema de defesa da planta contra o ataque de fitopatógenos.

Tabela 41. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - Linha 3 (14/03/2022) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 1 (safra 2021/22).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TMG	0,41a	0,39a	0,42a	0,33a	0,40a	0,47a	0,40a	0,49a	0,48a	0,53a	0,51a	0,43a

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 (45, 60 e 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 (45, 60 e 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 (30 e 45 DAE); 8: Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 9: *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 10: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobinina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE); 11: [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobinina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (45, 60 e 75 DAE); 12: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE).

Tabela 42. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - Linha 5 (14/03/2022) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 1 (safra 2021/22).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TMG	0,38a	0,38a	0,40a	0,34a	0,41a	0,44a	0,43a	0,53a	0,46a	0,51a	0,50a	0,38a

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 (45, 60 e 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 (45, 60 e 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 (30 e 45 DAE); 8: Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 9: *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 10: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobinina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE); 11: [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobinina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (45, 60 e 75 DAE); 12: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE).

Tabela 43. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - Linha 3 (12/03/2023) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 2 (safra 2022/23).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TMG	0,60j	0,53h	0,39f	0,43g	0,36e	0,59i	0,28b	0,32d	0,30c	0,32d	0,30c	0,25a

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 (45, 60 e 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 (45, 60 e 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 (30 e 45 DAE); 8: Cerevisane LAS 117

+ [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 9: *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 10: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobrina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30, 45, 60 e 75 DAE); 11: [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobrina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (45, 60 e 75 DAE); 12: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (60 e 75 DAE).

Tabela 44. Avaliação de Green Seeker Handheld Trimble® - Linha 5 (12/03/2023) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 2 (safra 2022/23).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TMG	0,55g	0,55g	0,37e	0,37e	0,52f	0,58h	0,25a	0,32c	0,30b	0,32c	0,30d	0,32c

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 (45, 60 e 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 (45, 60 e 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 (30 e 45 DAE); 8: Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 9: *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 10: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobrina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30, 45, 60 e 75 DAE); 11: [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobrina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (45, 60 e 75 DAE); 12: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (60 e 75 DAE).

Nas fotografias NDVI, capturadas por VANT, os primeiros tratamentos, envolvendo a testemunha e tratamentos 2 - Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE), 3 - *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE) e 4 - Cerevisane LAS 117 (45, 60 e 75 DAE) apresentaram as menores vegetações, com a faixa 0,688. Os tratamentos 6 - Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE) e 7 - *Bacillus subtilis* BV02 (30 e 45 DAE) apresentaram níveis inferiores de vegetação, com faixas variando de 0,688 a 0,757. Os respectivos tratamentos envolveram aplicações de fungicidas biológicos isolados, posicionados em três intervalos fenológicos (30>45>60>75 DAE; 45>60>75 DAE; 30>45 DAE). Considerando a agressividade do patógeno *P. pachyrhizi*, os fungicidas biológicos, especialmente o *Bacillus subtilis* BV02 e Cerevisane LAS 117, se mostraram ineficientes quando aplicados isoladamente, gerando maiores níveis de severidade e desfolha. Portanto, tais tratamentos, refletiram na variável de “Índice de Vegetação por Diferença Normalizada”, apresentando menores índices de clorofila e de vegetação (Ritchie, 2003; Jensen, 2009).

Os tratamentos envolvendo fungicidas químicos e biológicos associados e apenas químicos apresentaram índices superiores de vegetação. Os tratamentos 8 - Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE), 9 - *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE), 10 - [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiróxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE) e 11 - [Epoconazol + Fluxapiróxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (45, 60 e 75 DAE) evidenciaram as melhores faixas, variando de 0,757 a 0,826. O manejo adequado da ferrugem asiática e outras doenças foliares da soja, envolve a utilização de vários princípios ativos químicos e biológicos, escalonados nas aplicações sequenciais, obtendo diminuição do inóculo presente, desde o estabelecimento da cultura, gerando prolongamento na atividade fotossintética (Reis et al. 2017; Godoy et al. 2022). Tal efeito conjunto contribui para melhores índices de vegetação, e maiores refletâncias sobre os dosséis das plantas, com níveis elevados nas faixas espectrais do vermelho e infravermelho próximo (Ponzoni & Shimabukuro, 2009; Ritchie, 2003).

O tratamento 10 - [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiróxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE) apresentou o melhor índice de vegetação, com a faixa de 0,826. É notável a importância de um posicionamento de aplicações envolvendo vários princípios ativos dentro de mesmos grupos químicos, gerando um melhor controle da doença, com menor esporulação do patógeno, menores porcentagens de desfolha e conseqüentemente maior área com reflectância (Ashourloo et al. 2014).

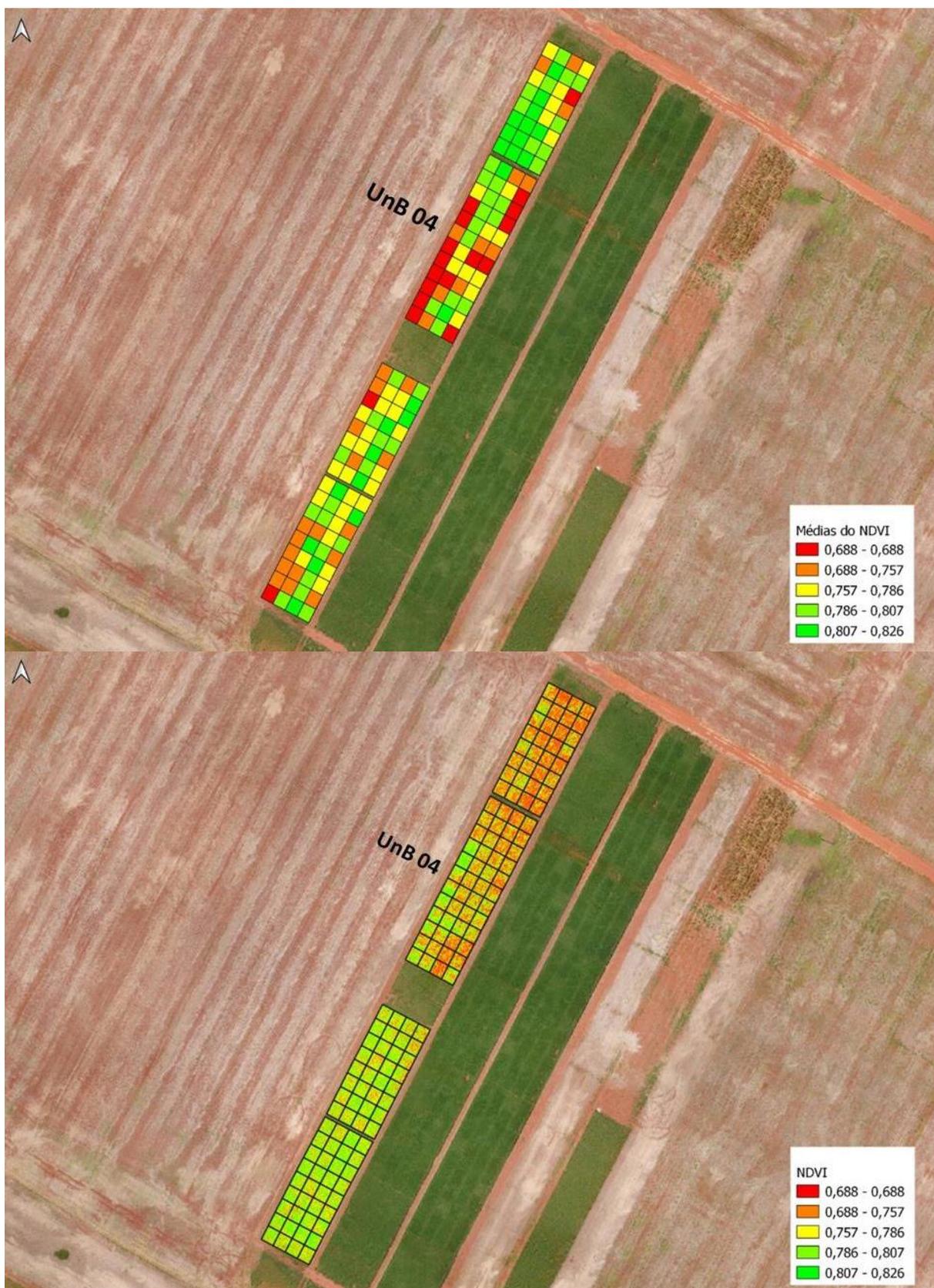


Figura 22. Fotografias NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M®. As fotografias obtidas por NIR demonstram a divisão dos protocolos, com quatro blocos casualizados e mensuração de vegetação de cada tratamento. A disposição dos tratamentos em croqui e as médias constadas de NDVI estão em figuras seguintes. Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agrônômica®, 2022. (UnB 04 - Época 1).

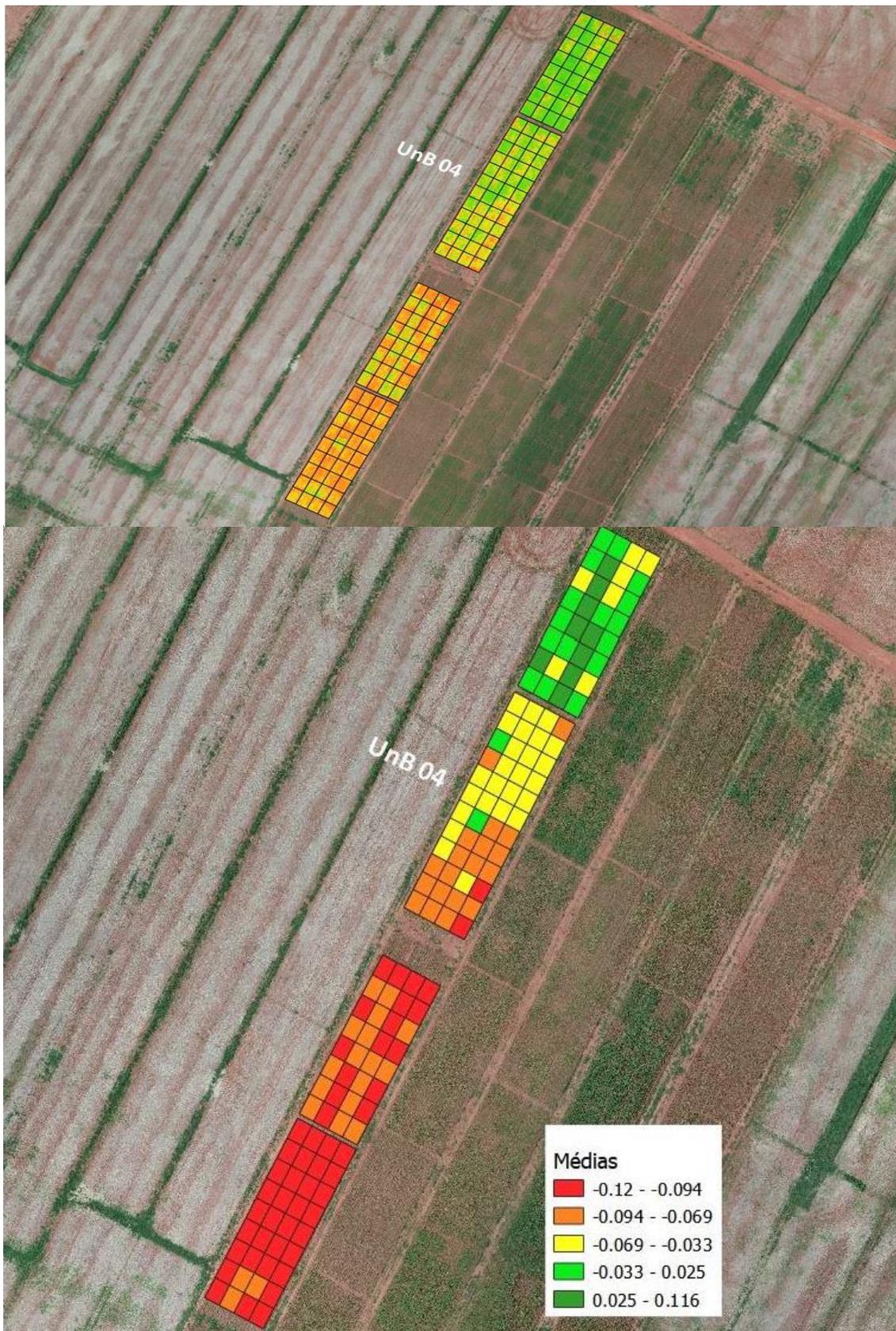


Figura 23. Fotografias NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M®. As fotografias obtidas por NIR demonstram a divisão dos protocolos, com quatro blocos casualizados e mensuração de vegetação de cada tratamento. A disposição dos tratamentos em croqui e as médias constadas de NDVI estão em figuras seguintes. Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agrônômica®, 2023. (UnB 04 - Época 2).

8	1	11	9
12	2	6	8
9	3	7	10
6	4	12	6
10	5	8	1
1	6	2	5
4	7	10	3
3	8	4	11
11	9	1	2
2	10	3	7
7	11	5	12
5	12	9	4

Figura 24. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 04 (Época 1 - Cultivar TMG 7063 INOX FOCO IPRO®). Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 (45, 60 e 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 (45, 60 e 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 (30 e 45 DAE); 8: Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 9: *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 10: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE); 11: [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (45, 60 e 75 DAE); 12: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE). Faixas de vegetação (NDVI): vermelho (0,688); laranja (0,688 - 0,757); amarelo (0,757 - 0,786); verde musgo (0,786 - 0,807); verde escuro (0,807 - 0,826).

8	1	11	9
12	2	6	8
9	3	7	10
6	4	12	6
10	5	8	1
1	6	2	5
4	7	10	3
3	8	4	11
11	9	1	2
2	10	3	7
7	11	5	12
5	12	9	4

Figura 25. Visualização das faixas médias de NDVI nos tratamentos dispostos no Croqui do UnB 04 (Época 1 - Cultivar TMG 7063 INOX FOCO IPRO®). Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 (45, 60 e 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 (45, 60 e 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 (30 e 45 DAE); 8: Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 9: *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 10: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30, 45, 60 e 75 DAE); 11: [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (45, 60 e 75 DAE); 12: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (60 e 75 DAE). Faixas de vegetação (NDVI): vermelho (0,12 - 0,094); laranja (0,094 - 0,069); amarelo (0,069 - 0,033); verde musgo (0,033 - 0,025); verde escuro (0,025 - 0,116).

3.3 Componentes de Produtividade

A ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) foi o principal fator responsável pelas variações nos componentes de produtividade dos tratamentos envolvendo controle químico e biológico na cultivar TMG 7063®. Alguns tratamentos fungicidas químicos e biológicos incrementaram consideravelmente a produtividade da soja.

Considerando a variável produtividade, na primeira época do experimento, as produtividades foram menores, variando de 1367,7 a 1671,25 gramas, em contraste com 1435 a 183 da segunda época.

Na primeira época, os tratamentos envolvendo biológicos isolados, posicionados com quatro aplicações (30, 45, 60 e 75 DAE), três aplicações (45, 60 e 75 DAE) e duas aplicações preventivas (30 e 45 DAE), apresentaram semelhanças estatísticas com o tratamento testemunha. Nesse sentido, não foi observada diferença produtiva no “screening” de quantidade de aplicações, tendo semelhança em uma ou em até quatro aplicações de fungicidas biológicos isolados. Em estudo realizado por Muniz et al. (2023), os tratamentos com Bio-Imune® (*B. subtilis* BV02) com a dose de 4,0 L p.c. ha⁻¹, independentemente de associação com cobre, proporcionou menor produtividade em relação aos tratamentos químicos.

Os tratamentos contendo aplicações de fungicidas sítio-específicos e em alguns casos associados com biológicos, proporcionaram melhores produtividades dentre os tratamentos. O tratamento 8 - Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE), envolvendo fungicida biológico associado nas duas primeiras aplicações, proporcionou a maior produtividade. Os tratamentos com biofungicidas, além de mecanismos de defesa contra o próprio patógeno, também são atuantes sobre a parte fisiológica da planta, incrementando o desenvolvimento de parte aérea e sistema radicular, gerando maior ganho de massa vegetal (Dorighello, 2017).

Na primeira época, os tratamentos envolvendo apenas fungicidas químicos, 10 - [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE), 11 - [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (45, 60 e 75 DAE) e 12 -

[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE) proporcionaram produtividades superiores. Os tratamentos envolvendo vários princípios ativos específicos, causaram efeitos deletérios na célula fúngica simultaneamente, o que gera menor progresso da doença e consequente manutenção ou incremento de produtividade. Um outro fator a ser ressaltado é que fungicidas do grupo químico estrobilurina aumentam a ação da enzima nitrato redutase, aumentando a absorção de nitrogênio e melhorando o desenvolvimento e atividade fotossintética da planta, com sucessiva melhoria no enchimento de grãos (Rodrigues, 2009).

Na segunda época, não houve diferença significativa na produtividade, dentre os tratamentos fungicidas químicos, biológicos e inclusive com a testemunha. Considerando valores absolutos, o tratamento 10 [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE) proporcionou o maior incremento em produtividade. O tratamento em questão, por possuir vários princípios ativos em comparação aos outros tratamentos, atua de forma conjunta e em mais de um sítio da célula fúngica (Luz et al, 2019). A rotação de princípios ativos de mesmos grupos químicos contribui para um melhor controle da doença, melhores rendimentos da cultura da soja e redução no surgimento de novas raças resistentes aos princípios ativos específicos (Ezequiel et al. 2023).

Tabela 45. Avaliação de componente de produtividade (peso de parcela - área útil de 8 m²) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 1 (safra 2021/22).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TMG	1471,5a	1445a	1426,2a	1402,5a	1426,2a	1367,7a	1422,5a	1559b	1450a	1571,25b	1671,2b	1581,2b

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 (45, 60 e 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 (45, 60 e 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 (30 e 45 DAE); 8: Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 9: *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 10: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE); 11: [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (45, 60 e 75 DAE); 12: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE).

Tabela 46. Avaliação de componente de produtividade (peso de parcela - área útil de 8 m²) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 2 (safra 2022/23).

Trat.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TMG	1537a	1435a	1482a	1532a	1555a	1604a	1481a	1611a	1585a	1832a	1588a	1615a

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 (45, 60 e 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 (45, 60 e 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 (30 e 45 DAE); 8: Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 9: *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 10: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE); 11: [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (45, 60 e 75 DAE); 12: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE).

No que tange a variável massa de mil grãos (MMG), a primeira época de avaliação proporcionou maiores incrementos no peso dos grãos do que na segunda época. Na primeira época, os resultados variaram de 137,8 gramas a 149,9 gramas. Na segunda época, a massa de mil grãos variou de 113,4 a 120,3 gramas.

Na primeira época, não houve diferença significativa entre os tratamentos fungicidas químicos, biológicos e a testemunha. Porém, em valores absolutos, o tratamento 10, por conter vários princípios ativos químicos e específicos, obteve a maior MMG, com 149,9 gramas. Em um programa ideal de aplicações, a rotação de princípios ativos nas aplicações sequenciais é de extrema importância para a não limitação de sítios que serão atuados na célula fúngica, gerando maior eficiência no controle e maior produção de fotossintéticos, auxiliando no peso final de grãos (Reis et al. 2017; Godoy et al. 2018).

Na segunda época, alguns tratamentos apresentaram incrementos significativos estatisticamente em relação à testemunha. Dentre os tratamentos com fungicidas biológicos, o tratamento 3 - *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE) obteve 117,7 gramas. Os tratamentos envolvendo fungicidas sítio-específico e associações com fungicidas biológicos 9 - *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE), 10 - [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE) e 11 - [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobin] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] +

[Ciproconazol + Difenconazol] (45, 60 e 75 DAE) evidenciaram, respectivamente, 118, 120,3 e 119,9 gramas por mil grãos. O gênero *Bacillus* tem sido amplamente empregado no controle de doenças de plantas e uma das características desses organismos é a produção de diferentes metabólitos primários e secundários, possuindo ação contra fitopatógenos, em analogia com os fungicidas multissítios, podendo ser essenciais dentro de um programa de controle e redução de resistência fúngica. O *Bacillus subtilis* possui uma grande gama de ação contra patógenos, atuando por antibiose, mas podendo agir também como indutor de defesa e competição de sítio (Kupper, 2003; Frac, 2010; Fousia et al. 2016; Mohamed et al. 2016).

Tabela 47. Avaliação de componente de produtividade (massa de mil grãos - MMG) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 1 (safra 2021/22).

Trat.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TMG	143,1a	141a	140,3a	137,8a	139,2a	105,7a	139,7a	142,9a	145,8a	149,9a	148a	142a

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 (45, 60 e 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 (45, 60 e 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 (30 e 45 DAE); 8: Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 9: *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 10: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE); 11: [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (45, 60 e 75 DAE); 12: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE).

Tabela 48. Avaliação de componente de produtividade (massa de mil grãos - MMG) em tratamentos com fungicidas biológicos e químicos em cultivar resistente (TMG 7063®). Ensaio UnB 04 - Época 2 (safra 2022/23).

Trat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TMG	115,4a	114,7a	117,7b	114,1a	116,7a	115a	116a	114,7a	118b	120,3b	119,9b	113,4a

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. *Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 (45, 60 e 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 (45, 60 e 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 (30 e 45 DAE); 8: Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 9: *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 10: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE); 11: [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem]

+ [Ciproconazol + Difenconazol] (45, 60 e 75 DAE); 12: [Trifloxistrobina + Protiocozol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE).

CONCLUSÕES

A utilização de fungicidas biológicos na cultivar resistente TMG 7063® se mostrou ineficiente, tanto isoladamente quanto em associação com os fungicidas químicos.

Os fungicidas biológicos posicionados em aplicações isoladas (30, 45, 60 e 75 DAE) apresentaram os menores controles da doença. Os tratamentos com os biofungicidas posicionados em aplicações preventivas (30 e 45 DAE) com posteriores aplicações dos fungicidas químicos (60 e 75 DAE) também evidenciaram baixo controle da FAS.

A resistência da cultivar TMG 7063®, estabelecida pelos genes Rpp's, foi uma importante ferramenta no controle da doença nos referidos ensaios. O material diminuiu consideravelmente a severidade da doença, mantendo níveis satisfatórios de produtividade, mesmo com a semeadura tardia.

O controle químico associado a cultivar mostrou-se indispensável, mesmo com a cultivar com genes de resistência, possibilitando menores danos fotossintéticos e consequente aumento de produtividade.

LITERATURA CITADA

AGRO TRIMBLE. Disponível em: <https://agro.trimble.com.br/product/greenseeker-porttil/>. Acesso em: 15/julho/2022.

ANGELINI, R.M.D.M. et al. 2019. Análise global do transcriptoma e genes diferencialmente expressos na videira após aplicação do indutor de defesa derivado de levedura cerevisane. Controle de pragas Sci. 75(7):2020 - 2033.

ASHOORLOO, D.; MOBASHERI, M. R.; HUETE, A. 2014. Evaluating the effect of different wheat rust disease symptoms on vegetation indices using hyperspectral measurements. Remote Sensing, Basel, v. 6, n. 6, p. 5107-5123.

BERUSKI, G. C., DEL PONTE, E. M., PEREIRA, A. B., GLEASON, M. L., C^AMARA, G. M., ARAUJO JUNIOR, I. P., AND SENTELHAS, P. C. 2020. Performance and profitability of rain-based thresholds for timing fungicide applications in soybean rust control. *Plant disease*, 104(10):2704–2712.

CAMPBELL, C. L. & MADDEN, L. V. 1990. *Monitoring epidemics: Diseases. Introduction to plant disease epidemiology*. New York: J. Wiley, p.107-128.

DE PAULA, S. et al. Potential of resistance inducers for soybean rust management. *Canadian Journal of Plant Pathology*, v. 43, n. sup2, p. S298-S307, 2021.

DORIGHELLO, D.V. 2017. Versatilidade de *Bacillus* spp. No controle biológico de doenças de plantas e na promoção de crescimento da soja. 2017. Tese - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Campus de Botucatu, Botucatu.

DU, Q.; RAKSUNTORN, N.; ORDUYILMAZ, A.; BRUCE, L. M. 2008. Automatic registration and mosaicking for airborne multispectral image sequences. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 74, n. 2, p. 169-181

EZEQUIEL, M. de J., N. de F. SANTOS, and CV GODOY. 2023. Eficiência de fungicidas registrados no controle da ferrugem-asiática da soja em Londrina, PR.

FOUSIA, S., PAPLOMATAS, E.J., TJAMOS, S. 2016. *Bacillus subtilis* QST 713 confers protection to tomato plants against *Pseudomonas syringae* pv tomato and induces plant defence-related genes. *J. Phytopathol.* 164, 264-270.

FRAC, M., JEZIERSAKA - Tys, S. 2010. Microbial diversity of soil environment. *Post. Mikrobiol.* 49, 47-58.

GITELSON, A. A.; ZUR, Y.; CHIVKUNOVA, O. B.; MERZLYAK, M. N. 2002. Assessing carotenoid content in plant leaves with reflectance spectroscopy. *Photochemistry and Photobiology*, v. 75, p. 272-281

GODOY, C. V. et al. 2018. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/2018: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos." Londrina, PR: Embrapa Soja, 20 p.

GODOY, C. V., SEIXAS, C. D. S., SOARES, R. M., MEYER, M. C., COSTAMILAN, L. M., & ADEGAS, F. S. 2017. Boas práticas para o enfrentamento da ferrugem-asiática da soja. pp. 6.

GODOY, C.V.; UTIAMADA, C.M; MEYER, M.C.; CAMPOS, H.D.; LOPES, I.O.N.; TOMEN, A.; MUHL, A.; SCHIPANSKI, C.A.; SERCILOTO, C.M.; ANDRADE JUNIOR, E.R.; MORESCO, E.; ROY, J.M.T.; NAVARINI, L.; BELUFI, L.M.R.; DA SILVA, L.H.C.P.; ARAÚJO JÚNIOR, I.P.; FANTIN, L.H.; SATO, L.N.; GOUSSAIN JÚNIOR, M.M.; SENGER, M.; MÜLLER, M.A.; DEBORTOLI, M.P.; MARTINS, M.C.; CARLIN, V.J. 2020. Eficiência de fungicidas multissítios e produto biológico no controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2020/2021: resultados sumarizados dos experimentos cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2021. 20 p.

GONZÁLEZ-DUGO, V.; ZARCO-TEJADA, P. J.; NICOLÁS, E.; NORTES, P. A.; ALARCÓN, J. J.; INTRIGLIOLO, D. S.; FERERES, E. 2013. Using high resolution UAV thermal imagery to assess the variability in the water status of five fruit tree species within a commercial orchard. *Precision Agriculture*, v. 14, n. 6, p. 660-678.

GRUPO VITTIA. 2022. Bio-Imune (*Bacillus subtilis* linhagem BV02), o primeiro fungicida microbiológico multissítio. <https://vittia.com.br/produto/bio-imune/> Acesso em 16/11/2023.

IHARA. 2022. Romeo SC (Cerevisane LAS-117), o inovador fungicida biológico para a soja. https://ihara.com.br/produtos/romeo/?utm_source=google&utm_medium=pesquisa&utm_campaign=romeo_soja&utm_content=dinamico&gclid=EAiaIQobChMIIsPPF7unm-AIVIexcCh2aigEpEAAYASAAEgL8kvD_BwE Acesso em 16/11/2022.

KUPPER, K. C.; FERNANDES, G. N.; GOES, A. 2003. Controle biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. *Fitopatol. Bras.* 28, 251-257.

LOURENÇO, V. JR.; BALAN, M. G.; IGARASHI, S. 2014. Aplicação de fungicidas na soja baseada na detecção de uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi*. *Arq. Inst. Biol., São Paulo*, v.81, n.2, p. 159-164.

LUZ, L. M.; CEZIMBRA, J. C. G.; BESTER, G. F. B.; BOURSCHEID, C. A., SOUZA, E. L. 2019. Avaliação de controle biológico sobre a Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na soja no sul do Brasil. *Porto Alegre, RS.* 26 – 28.

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agrofit: Produtos indicados. [S.l.], 2021. Disponível em: < http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 16/11/2022.

MARINO, S.; ALVINO, A. 2014. Proximal sensing and vegetation indices for site-specific evaluation on an irrigated crop tomato. *Eur. J. Remote Sens.* 47, 271–283.

MEYER, M., GODOY, C., UTIAMADA, C., CAMPOS, H., de MEDEIROS, F. H. V., de OLIVEIRA, M. C. N., ... & GRIGOLLI, J. (2023). Avaliação da associação de fungicidas químicos e biológicos no controle de doenças foliares da soja, safra 2022/2023: resultados sumarizados da rede de experimentos cooperativos.

MOHAMED, A., HAMZA, A., BERBALAH, A. 2016. Recent approaches for controlling downy mildew of cucumber under greenhouse conditions. *Plant Prot. Sci.* 52, 1- 9.

MUNIZ, CAMILA REBELATTO, et al. 2023. "Associação de *Bacillus subtilis* BV02 e produto à base de cobre no controle da ferrugem asiática na soja." *Summa Phytopathologica* 49: e241169.

NTECH INDUSTRIES. Greenseeker Manuals. Disponível em: <http://www.ntechindustries.com/greenseeker-manual.html>. Acesso em: 15/julho/2022

PADILLA, F.M.; GALLARDO, M.; PEÑA-FLEITAS, M.T.; DE SOUZA, R.; THOMPSON, R.B. 2018. Proximal optical sensors for nitrogen management of vegetable crops: A review. *Sensors* 18, 2083. Piracicaba, 2009.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação. 1. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 135 p.

RASI, J. R. 2008. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em pulverização agrícola. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, PP. 70

REIS, E. M.; REIS A. C; ZANNATTA, M.; CARREGAL, L. H; SIQUERI, F. V.; SILVA, J. R. C. 2017. Evolução da redução da sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas e estratégia para recuperar a eficiência do controle. 3a edição rev. e atual, Passo Fundo, Berthier, 104 p.

REIS, E.M., DEUNER, E., ZANATTA, M., REIS, E.M., DEUNER, E., ZANATTA, M. 2015. In vivo sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* to DMI and QoI fungicides. *Summa Phytopathol.*41, 21-24.

REIS, M.R; REIS A.C; ZANNATA M; SILVA L.H; SIQUERI F.V. 2017. Evolução da redução da sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas e estratégia para recuperar a eficiência do controle: 17-88.

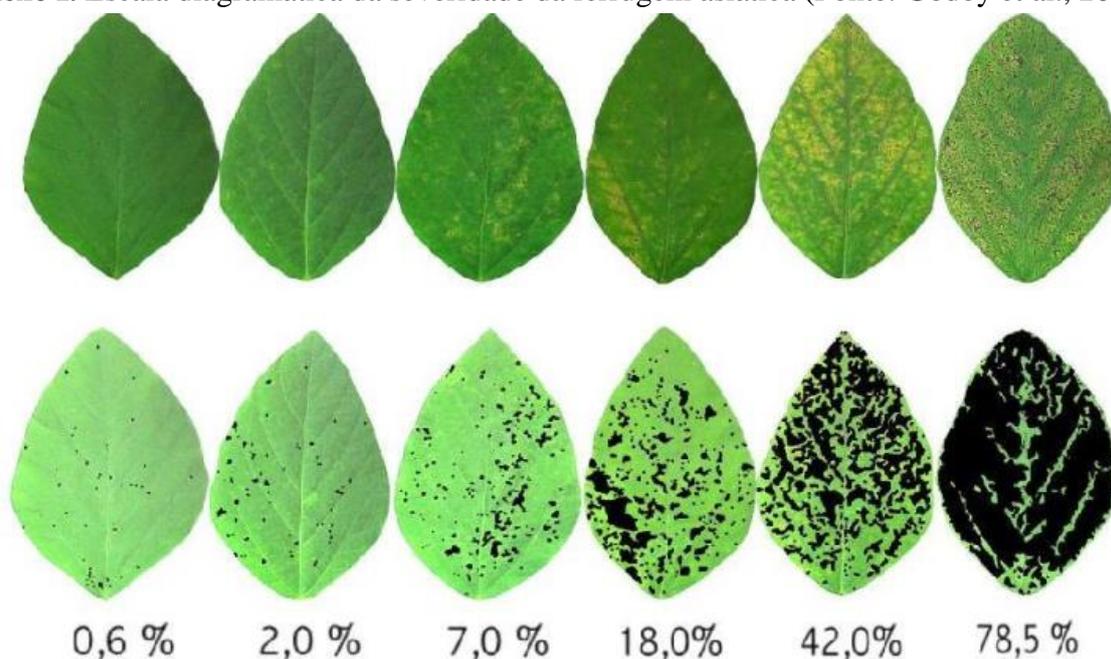
RITCHIE, G. L. Use of ground-based canopy reflectance to determine radiation capture, nitrogen and water status, and final yield in wheat. 2003. 134 f. Dissertation (Master of Crop Physiology) - Utah State University, Logan-Utah, 2003.

RODRIGUES, M. A. T. Avaliação do efeito fisiológico do efeito de fungicidas na cultura da soja. 2009. 193f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura, ESALQ.

SEIXAS C, D, S et al. 2020. *Tecnologias de Produção de Soja (2020)* editores técnicos. – Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p.

8. ANEXOS

Anexo I. Escala diagramática da severidade da ferrugem asiática (Fonte: Godoy et al., 2006).



Anexo II. Fungicidas químicos e biológicos utilizados (ingredientes ativos; grupos químicos; formulação; dose; classificação; classificação ambiental; número de registro).

Fox Xpro® (sítio-específico)

Ingredientes ativos: 125 g/L de bixafem + 175 g/L de protioconazol + 150 g/L de trifloxistrobina

Grupos químicos: carboxamida + triazol + estrobilurina

Formulação: SC - suspensão concentrada

Dose: 0,5 L/ha

Classificação: fungicida mesostêmico e sistêmico

Classificação toxicológica: V - Improvável de Causar Dano Agudo

Classificação ambiental: II - Muito Perigoso ao Meio Ambiente

Empresa detentora: Bayer

Nº Registro (MAPA): 24117

Aproach prima® (sítio-específico)

Ingredientes ativos: 200 g/L de picoxistrobina + 80 g/L de ciproconazol

Grupos químicos: estrobilurina + triazol

Formulação: SC - Suspensão Concentrada

Dose: 0,3 L/ha

Classificação: fungicida sistêmico

Classificação toxicológica: V - Improvável de Causar Dano Agudo

Classificação ambiental: II - Muito Perigoso ao Meio Ambiente

Empresa detentora: Corteva

Nº Registro (MAPA): 009107

Ativum® (sítio-específico)

Ingredientes ativos: 50 g/L de epoxiconazol + 50 g/L de fluxapiroxade + 81 g/L de piraclostrobina

Grupos químicos: triazol + carboxamida + estrobilurina

Formulação: EC - Concentrado Emulsionável

Dose: 0,8 a 1,0 L/ha

Classificação: fungicida sistêmico

Classificação toxicológica: IV - Pouco Tóxico

Classificação ambiental: II - Muito Perigoso ao Meio Ambiente

Empresa detentora: Basf

Nº Registro (MAPA): 11216

Cypress 400 EC® (sítio-específico)

Ingredientes ativos: 250 g/L de difenoconazol + 150 g/L de ciproconazol

Grupo químico: triazol

Formulação: EC - Concentrado Emulsionável

Dose: 0,3 a 0,5 L/ha

Classificação: fungicida sistêmico

Classificação toxicológica: V - Improvável de Causar Dano Agudo

Classificação ambiental: II - Muito Perigoso ao Meio Ambiente

Empresa detentora: Syngenta

Nº Registro (MAPA): 6710

Unizeb Gold® (multissítio)

Ingrediente ativo: 750 g/kg de mancozebe

Grupo químico: alquilenobis (ditiocarbamato)

Formulação: WG - Granulado Dispersível

Dose: 1,5 a 3,0 kg/ha

Classificação: fungicida de contato

Classificação toxicológica: V - Improvável de Causar Dano Agudo

Classificação ambiental: III - Perigoso ao Meio Ambiente

Empresa detentora: UPL

Nº Registro (MAPA): 018007

Bravonil® (multissítio)

Ingrediente ativo: 500 g/L de clorotalonil

Grupo químico: isoftalonitrila

Formulação: SC - Suspensão Concentrada

Dose: 1,5 a 3,0 L/ha

Classificação: fungicida de contato

Classificação toxicológica: V - Improvável de Causar Dano Agudo

Classificação ambiental: II - Muito Perigoso ao Meio Ambiente

Empresa detentora: Syngenta

Nº Registro (MAPA): 01188491

Reconil® (multissítio)

Ingrediente ativo: 588 g/kg de oxicloreto de cobre

Grupo químico: inorgânico

Formulação: WP - Pó Molhável

Dose: 0,5 a 1,5 kg/ha

Classificação: fungicida de contato

Classificação toxicológica: V - Improvável de Causar Dano Agudo

Classificação ambiental: III - Perigoso ao Meio Ambiente

Empresa detentora: Albaugh

Nº Registro (MAPA): 01548698

Status® (multissítio)

Ingredientes ativos: 588 g/L de oxicloreto de cobre

Grupo químico: inorgânico

Formulação: SC - Suspensão Concentrada

Dose: 0,5 a 1,5 L/ha

Classificação: fungicida de contato

Classificação toxicológica: IV - Pouco Tóxico

Classificação ambiental: II - Muito Perigoso ao Meio Ambiente

Empresa detentora: Oxiquímica

Nº Registro (MAPA): 6210

Romeo SC® (biológico)

Ingrediente ativo: 100 g/L de cerevisane LAS 117

Grupo químico: biológico

Formulação: SC - Suspensão Concentrada

Dose: 0,75 a 1,0 L/ha

Classificação: fungicida microbiológico

Classificação toxicológica: Não Classificado

Classificação ambiental: IV - Pouco Perigoso ao Meio Ambiente

Empresa detentora: Ihara

Nº Registro (MAPA): 08520

Bio-Imune® (biológico)

Ingrediente ativo: 42 g/L de *Bacillus subtilis* BV02 (mínimo de 3 x 10⁹ UFC/mL)

Grupo químico: biológico

Formulação: SC - Suspensão Concentrada

Dose: 0,5 a 2,0 L/ha

Classificação: fungicida microbiológico

Classificação toxicológica: Não Classificado

Classificação ambiental: IV - Pouco Perigoso ao Meio Ambiente

Empresa detentora: Grupo Vittia

Nº Registro (MAPA): 43418

Anexo III. Descrição da escala fenológica BBCH (Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical), elaborada por Munger et al. (1977) para a cultura da soja (*Glycine max*).

Escala Fenológica BBCH - *Glycine max*

Estágio de crescimento 0 - Germinação

00 Semente seca

01 Início da embebição da semente

03 Embebição completa da semente

05 Radícula emergida da semente

06 Elongação da Radícula, formação de pelos radiculares

07 Hipocótilo e cotilédones quebram a casca da semente

08 Hipocótilo alcança a superfície do solo; arco do hipocótilo visível

09 Emergência: hipocótilo e cotilédones emergidos acima da superfície do solo

Estágio de crescimento 1 - Desenvolvimento de folhas

10 Cotilédones completamente desenrolados

11 Primeiro par de folhas verdadeiras desenrolado - 1° nó

12 1° trifólio desenrolado - 2° nó

13 2° trifólio desenrolado - 3° nó

14 3° trifólio desenrolado - 4° nó

15 4° trifólio desenrolado - 5° nó

16 5° trifólio desenrolado - 6° nó

17 6° trifólio desenrolado - 7° nó

18 7° trifólio desenrolado - 8° nó

19 8° trifólio desenrolado - 9° nó

Estágio de crescimento 5 - Emergência de inflorescências

51 Primeiros botões floreais visíveis

55 Primeiros botões floreais alargados

59 Primeiras pétalas de flores visíveis; botões florais ainda fechados

Estágio de crescimento 6 - Florescimento

60 Primeiras flores abertas; esporadicamente na lavoura

61 Início do florescimento; até 10% de flores abertas

62 Aproximadamente 20% de flores abertas

63 Aproximadamente 30% de flores abertas

64 Aproximadamente 40% de flores abertas

65 Período principal de florescimento; 50% de flores abertas

66 Aproximadamente 60% de flores abertas

67 Florescimento em declínio

69 Fim do florescimento: primeiros legumes visíveis (comprimento = 5 mm)

Estágio de crescimento 7 - Desenvolvimento de legumes e sementes

70 Primeiros legumes alcançam tamanho final (15-20 mm)

71 10% dos legumes alcançam tamanho final (15-20 mm)

72 20% dos legumes alcançam tamanho final (15-20 mm)

73 30% dos legumes alcançam tamanho final (15-20 mm); início enchimento grãos

- 74 40% dos legumes alcançam tamanho final (15-20 mm)
- 75 50% dos legumes alcançam tamanho final (15-20 mm); continuação enchimento grãos
- 77 70% dos legumes alcançam tamanho final (15-20 mm); enchimento de grãos avançado
- 79 Todos os legumes alcançam tamanho final (15-20 mm); 100% dos grãos perceptíveis

Estágio de crescimento 8 - Desenvolvimento de legumes e sementes

- 80 Primeiros legumes maduros; grãos com a cor final, secos e duros
- 81 10% de legumes maduros, grãos com a cor final, secos e duros
- 82 20% de legumes maduros, grãos com a cor final, secos e duros
- 83 30% de legumes maduros, grãos com a cor final, secos e duros
- 84 40% de legumes maduros, grãos com a cor final, secos e duros
- 85 50% de legumes maduros, grãos com a cor final, secos e duros
- 86 60% de legumes maduros, grãos com a cor final, secos e duros
- 87 70% de legumes maduros, grãos com a cor final, secos e duros
- 88 80% de legumes maduros, grãos com a cor final, secos e duros
- 89 Todos os legumes maduros, grãos com a cor final, secos e duros

Estágio de crescimento 9 - Senescência

- 91 Aproximadamente 10% de folhas amarelas ou caídas
- 92 Aproximadamente 20% de folhas amarelas ou caídas
- 93 Aproximadamente 30% de folhas amarelas ou caídas
- 94 Aproximadamente 40% de folhas amarelas ou caídas
- 95 Aproximadamente 50% de folhas amarelas ou caídas
- 96 Aproximadamente 60% de folhas amarelas ou caídas
- 97 Planta inteiramente morta
- 99 Colheita

Anexo IV. Escala fenológica da soja (*Glycine max*), proposta por Fehr & Caviness (1977).
Adaptado: Baldo, 2024.

Estágios Vegetativos

- VE Emergência
- VC Vegetativo cotiledonar
- V0 Vegetativo unifoliolado
- V1 Primeiro trifólio aberto
- Vn Enésimo trifólio aberto
-

Estágios Reprodutivos

R1 Floração inicial - primeira flor aberta

R2 Floração plena

R3 Início da formação de legumes

R4 Legumes completamente formados

R5 Enchimento de grãos

R6 Grãos totalmente cheios

R7 Início de maturação

R8 Maturação completa

Anexo V. Características agronômicas da cultivar Brasmax Foco IPRO®.

Cultivar suscetível (Brasmax Foco IPRO®)

Características agronômicas

Hábito de crescimento: indeterminado

Exigência nutricional: alta

Peso de mil sementes: 176 g

Índice de ramificação: baixo

Ciclo (dias): precoce (108)

Grupo de maturação: 7.2

Mesorregião recomendada:

Época de plantio: 10/out ↔ 20/nov

População de plantas: 320.000 ↔ 380.000

Plantas/m linear: 16 - 19 (espaçamento 0,5 m)

Cor da inflorescência: roxa

Cor do hilo:

Cor da pubescência: branca

Especificidades: alta carga produtiva, estabilidade, resistência ao nematoide de cistos

Reação a patógenos

Ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*): suscetível

Mancha olho de rã (*Cercospora sojinae*): suscetível

Cancro da Haste (*Phomopsis phaseoli f. sp meridionalis*): resistente

Pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis pv.glycines*): suscetível

Nematoide de galhas (*Meloidogyne incognita*): suscetível

Nematoide de galhas (*Meloidogyne javanica*): moderadamente resistente

Nematoide de cistos (*Heterodera glycines*) - raças 3, 6, 9, 10, 14, 14+: *R, MR, MR, MR, R, MR
*MR: medianamente resistente; R: resistente.

Anexo VI. Características Agronômicas da cultivar TMG Inox 7065 IPRO®.

Cultivar resistente (TMG Inox 7063 IPRO®)

Características agronômicas

Hábito de crescimento: indeterminado

Exigência nutricional: alta

Peso de mil sementes: 150 - 195 g

Índice de ramificação:

Ciclo (dias): precoce (110 dias)

Grupo de maturação relativa: 7.0

Mesorregião recomendada:

Época de plantio: 17/out ↔ 14/nov

População de plantas: 300.000 ↔ 340.000

Plantas/m linear: 15 - 17 (espaçamento 0,5 m)

Acamamento: moderadamente resistente

Cor da inflorescência: branca

Cor do hilo: marrom claro

Cor da pubescência: cinza

Especificidades: alta carga produtiva, combinação de tecnologias: Inox e intacta RR2 PRO.

Reação a patógenos

Ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*): resistente

Mancha olho de rã (*Cercospora sojinae*): resistente

Cancro da Haste (*Phomopsis phaseoli f. sp meridionalis*): resistente

Pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis pv.glycines*): resistente

Nematoide de galhas (*Meloidogyne incognita*; *M. javanica*): moderadamente suscetível

Nematoide de cistos (*Heterodera glycines*): suscetível

Oídio (*Microsphaera diffusa*): moderadamente resistente

Podridão radicular de fitóftora (*Phytophthora sojae*): resistente a raça 1

Anexo VII. Dados climatológicos da localidade dos ensaios realizados (safra 2021/22).

Dia	jan/22				fev/22				mar/22				abr/22			
	Tmi*	Tma	UR	Ppt	Tmi	Tma	UR	Ppt	Tmi	Tma	UR	Ppt	Tmi	Tma	UR	Ppt
1	19,3	28,6	84,5	11,6	21,9	26,73	82,94	0	21,12	33,29	65,65	0	19,1	28,85	85,28	38,6
2	19,7	27,4	87	0,6	20,94	30,02	82,11	0,2	20,53	31,52	73,74	0	20,24	30,13	82,53	0
3	20,4	29,7	86,4	27,2	20,96	29,99	85,76	0,8	18,26	29,97	76,9	7,4	19,18	30,85	81,11	0
4	19,9	28,2	90,7	10,4	18,03	31,66	82,49	0	18,33	30,23	76,33	0	18,66	31,56	75,6	0
5	20	29,1	86,5	7,8	19,24	32,49	81,28	7,8	19,51	31,17	72,76	0	17,91	31,09	74,64	0
6	21	28,3	86,5	0	20,68	29,13	87,8	23,6	18,9	32,19	69,49	0	18,66	32,49	74,96	0
7	21	32,3	89,2	25,4	20,42	27,53	91,61	44,8	19,77	32,2	69,74	0	19,78	32,09	77,31	0
8	20	28,6	89,4	44,4	19,94	29,38	86,98	12	19,82	32,26	71,38	0	19,58	32,75	74,79	0
9	19,7	28,3	90	9,6	19,99	30,67	78,08	1	18,15	32,78	66,7	0	20,55	31,2	81,46	0
10	19,9	30,7	84,3	5,4	20,56	29,6	86,53	9	18,02	32,88	65,5	0	19,91	31,68	78,99	0
11	19,4	28,6	87,6	7,8	20,35	30,32	84,59	4,4	21,11	32,74	73,38	0	20,23	31,09	85,73	24,2
12	19,1	29,2	84,6	0,2	20,49	29,83	85,89	34,6	20,8	30,12	85,69	24,6	20,44	30,3	85,24	6
13	19,9	26,7	90,4	6	20,54	31,91	81,84	37,6	20,72	29,99	83,98	0,8	19,2	31,45	79,59	0
14	19,9	27,8	82,7	0	20,54	30,27	84,33	25	20,61	29,16	89,77	19	19,05	27,77	82,64	0
15	18,8	31,9	77,3	0	20,05	30,28	84,2	1,2	20,54	30,83	81,46	70,6	17,25	27,12	84,83	0,2
16	19	32,6	73,2	0	20,49	31,26	83,51	3,4	19,87	28,7	85,67	61	13,99	26,72	77,42	0,4
17	17,3	32,1	69,6	0	18,61	29,21	81,9	29,8	20,27	28,99	86,02	10,2	9,91	29,35	73,79	0,2
18	18,2	33,3	76,1	7,6	20,19	29,23	79,96	1	20,71	31,7	77,64	0	13,33	29,7	75,99	0
19	19,1	30,2	83,5	17	18,3	25,97	85,2	2,2	20,03	31,94	80,64	21,4	16,01	30,11	77,7	0
20	19,3	29,8	86,2	0,8	20,02	27,54	85,48	0,4	20,26	30,16	84,83	0	15,59	30	74,14	0
21	19,1	31,7	79,7	0	19,03	29,74	79,03	0	20,51	30,85	82,08	0	15,19	30,08	70,39	0
22	18,3	32,8	73	0	19,52	31,38	72,55	0	19,18	30,49	77,94	0	16,6	30,48	58,47	0
23	18,7	33	70,2	0	24,78	32,55	56,88	0	18,4	30,92	77	0	18,07	30,23	72,88	0,6
24	19	34	71,9	0	20,04	31,51	75,7	17,6	19,22	31,61	77,19	0	17,04	30,53	75,33	0
25	22,3	27,3	76,19	0	19,57	33,12	70,69	0	19,96	28,33	86,19	90	16,99	31,42	74,71	0
26	19,6	30,3	80,6	17	20,84	33,94	75,65	8	20,3	29,36	89,04	0,4	17,45	30,65	75,49	0
27	21,18	29,1	86,35	8	20,09	33,06	73,18	0,2	20,76	28,08	87,95	0	17,1	30,02	74,44	0
28	20,7	27,7	85,43	21	19,39	34,11	69,16	0	19,49	29,76	84,76	0,2	17,5	30,86	75,44	0
29	20,62	23,45	89,8	2,2	-	-	-	-	19,49	31,49	75,73	0	16,03	30,11	73,88	0
30	20,75	28,06	83,64	2,6	-	-	-	-	20,23	29,96	78,01	0,8	17,27	29,92	72,48	0
31	20,48	20,81	95,22	4,2	-	-	-	-	19,07	31,43	79,43	0	-	-	-	-

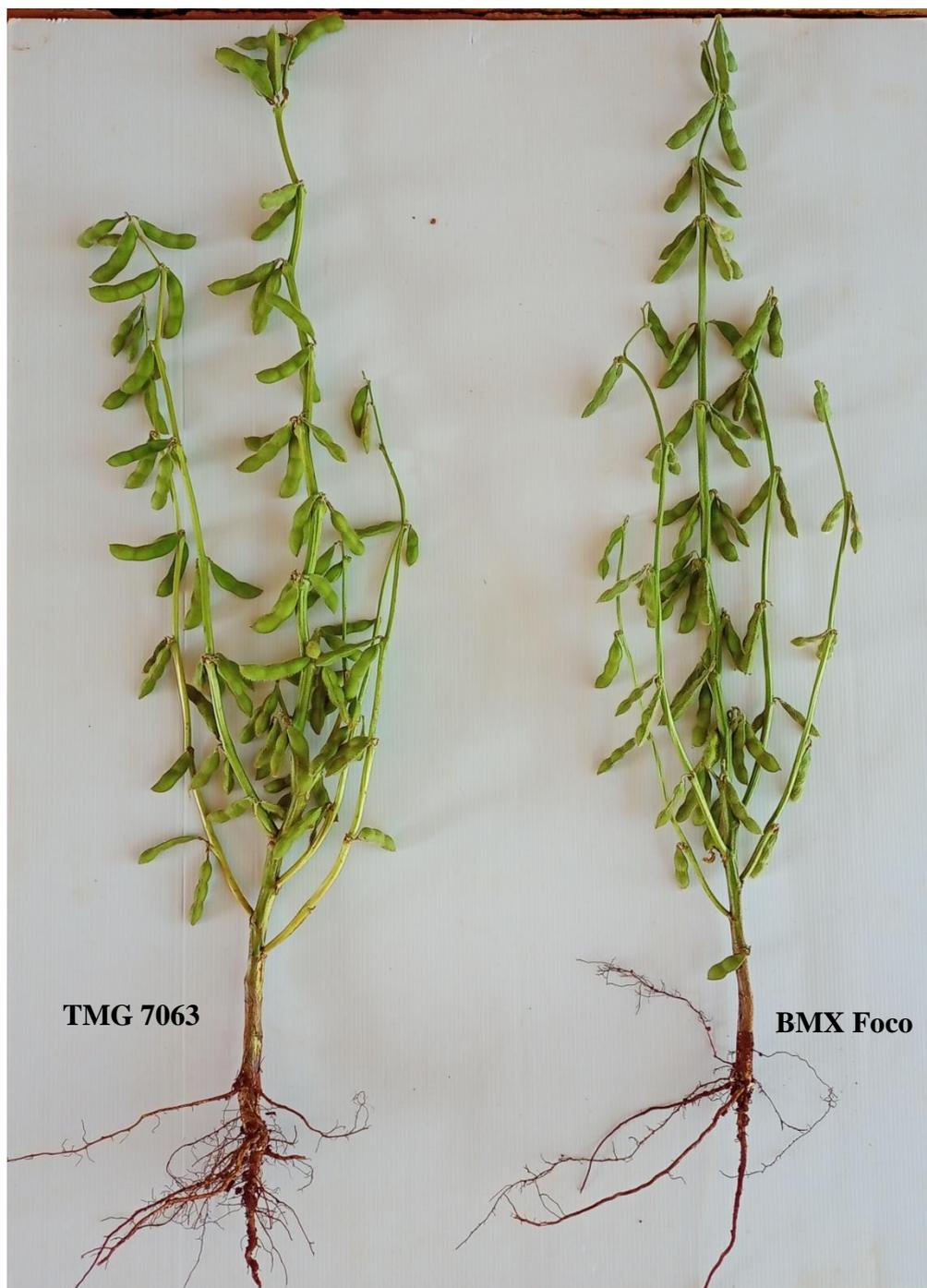
*Tmi – temperatura mínima (°C); Tma – temperatura máxima; UR – umidade relativa do ar (%); Ppt – precipitação pluviométrica (mm).

Anexo VIII. Dados climatológicos da localidade dos ensaios realizados (safra 2022/23).

Dia	jan/23				fev/23				mar/23				abr/23			
	Tmi*	Tma	UR	Ppt	Tmi	Tma	UR	Ppt	Tmi	Tma	UR	Ppt	Tmi	Tma	UR	Ppt
1	20,4	28,9	85,7	0	19,8	29,9	81,7	6,4	19,7	32,9	71,8	0	19,4	32,7	72,3	0
2	19,2	29,6	83	0	20,3	31	85	0,2	19,8	27	87,2	4,2	19,4	30,4	81	0,6
3	21	30,3	85,5	0,6	19,4	31,9	78,8	0	17,9	31,5	78,5	0,2	18,7	30,8	75,5	0
4	20,1	28,9	84,6	1,2	19,5	29,8	82,5	48,8	18,9	33,5	75,4	0	18,6	30,8	73,3	0
5	19,8	27	87,2	13,8	19,1	30,4	85,1	1,8	19,7	30,1	85	41	17,1	30,5	76,7	0
6	20,4	27,5	86,9	2,8	19,8	30,2	88,6	8,6	21	31,2	81,4	5,8	17,5	30,1	79,2	0,8
7	20,5	26,1	88,2	1,6	19,8	31,3	89,3	14,8	20,3	29,1	91,4	43,4	17,6	31,2	76,1	0
8	20,1	24,4	91,9	9,4	19,4	31	86,4	2	19,8	29,3	88,8	25,8	19,7	29,2	86,3	42
9	20,4	26,4	90,6	19,6	20,4	31,8	82	0,2	18,2	30,1	78,4	0,2	20,5	27,4	90,5	4,2
10	19,5	27	88,5	4,6	20,2	31	80,5	12,4	19,8	29,9	79,5	0	19,8	27	88,4	0
11	19,8	28,2	85,6	0,4	19,2	31,4	84	44,4	19,9		78,9	0	20,1	28,2	85	1,2
12	20	29,5	81,1	0,8	19,3	30	89,5	15,8	19,9	25,6	89,9	6	18,5	29	88	9
13	20	30	80,3	1	20,4	31,2	85,1	0,8	19,6	27,3	88,7	23,4	19,6	29	89,5	36,8
14	19,8	28,2	81,7	0,4	18,5	32,3	87	43,6	19,4	29,4	87,4	7,8	19,3	30,8	85,5	5,8
15	19,7	28,8	82,4	1,4	19,3	33	80	0	19,9	26,8	85,7	0,2	20	27,8	88,9	0,4
16	18,5	32,7	83,1	0	19,3	33,1	83,2	7,6	19,6	30,3	84,5	45,4	18,2	30,5	84,9	0,2
17	19,5	31,5	79,6	0	19,8	32	76,1	0	19,7	26,8	93,1	10,6	18,9	30	81,8	0,4
18	20,2	30,9	80	0	20,3	30,6	85,8	13,2	18,7	26,7	90,8	18,8	18,3	31,5	77,2	0,2
19	19,2	30,1	84,6	15,4	19,8	29,1	84,8	6,8	20	23,4	93,2	4,2	21	30,6	76,2	0
20	18	32,1	75,6	1,6	19,7	30,9	85,2	26,2	19,8	28,3	85	0,6	20,7	25,8	85,3	6,8
21	19,6	29,5	86,7	9,4	19,7	27,3	89,5	11	19,6	27,9	85,2	0	14,2	25,2	75,3	0,2
22	19,2	29,1	80,8	22,2	20	27,5	89,9	13	19,4	29,1	85,6	3	12,4	26,4	78,3	0,4
23	19,6	29,5	85,5	24,2	18,6	30	83,9	0	18,9	29,3	83,8	0,2	17	29,3	83,1	1
24	19,5	29,5	86	7	18,8	30,9	87,7	5,4	19,6	31,4	77,7	4,2	18,2	27,8	84	0
25	20,2	27,4	88,4	31,2	19,4	31,5	86	39,8	19,4	31,7	77,2	0,2	19,6	28,8	80,9	0
26	20,1	30,5	86,1	29,2	19,8	32,9	84,3	23,4	19	32,1	71,4	0	18	29,4	80,8	2,8
27	19,5	31,6	84,6	37	19,9	32	82,8	0	17,6	32,6	69,6	0	18,1	30,4	86,5	7,4
28	20,3	29,1	82,9	0	19	32,8	77,6	0	17,5	32,9	72,8	0	18,4	29,5	83,2	0,2
29	19,5	29,7	79,7	7,8	19,8	29,9	81,7	6,4	18,3	32,4	75	0	19,7	30,3	83,7	1,6
30	20,3	30,3	82,7	0,4	20,3	31	85	0,2	19,8	30,3	79,7	0	17,9	30,8	80,2	0,4
31	20,4	28,5	86,6	0,6	19,4	31,9	78,8	0	19,3	31,8	77,7	0	19,4	32,7	72,3	0

*Tmi – temperatura mínima (°C); Tma – temperatura máxima; UR – umidade relativa do ar (%); Ppt – precipitação pluviométrica (mm).

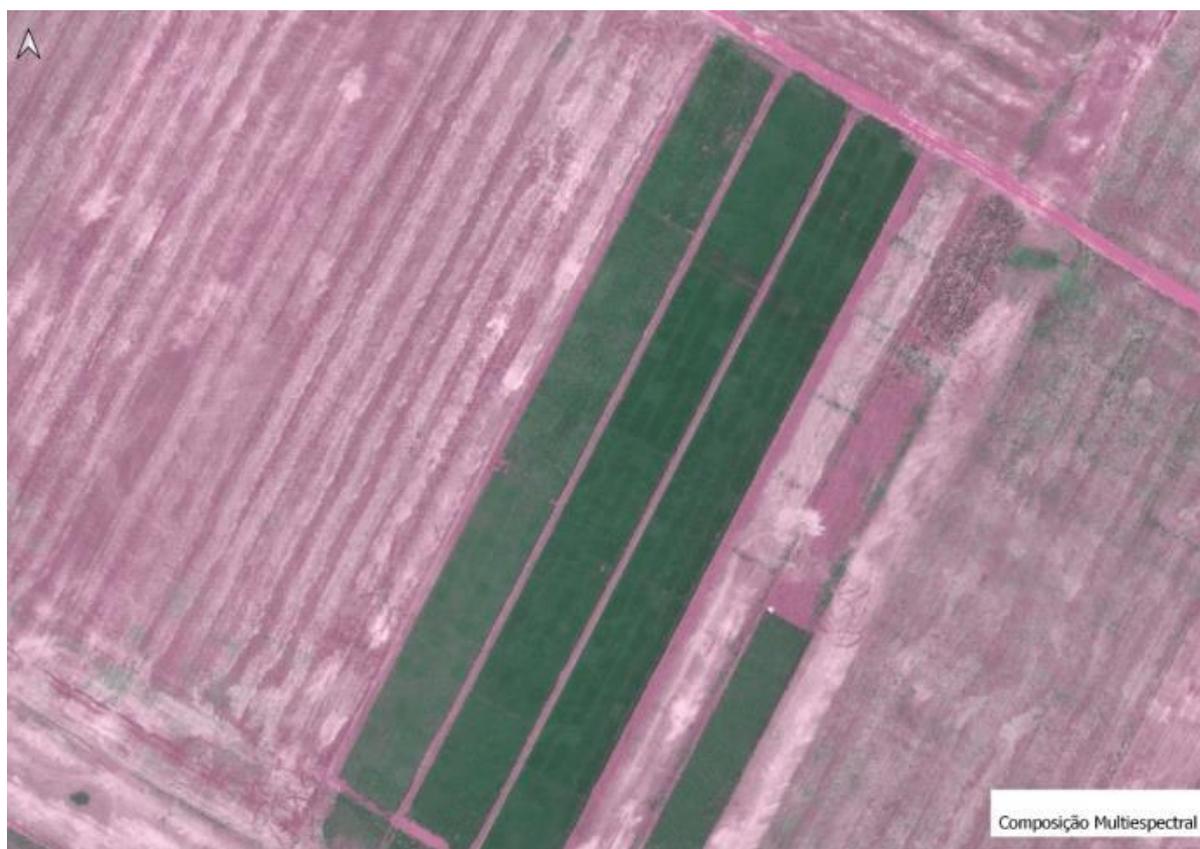
Anexo IX. Comparação de arquitetura e carga produtiva da TMG 7063 Inox IPRO® e Brasmax FOCO IPRO®.



Anexo X. Presença de fitotoxicidade nos tratamentos submetidos ao fungicida sítio específico Fox Xpro® [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (150 + 175 + 125 g i.a. ha⁻¹)] em duas ou mais aplicações, especificamente pela atuação do ingrediente ativo protioconazol.



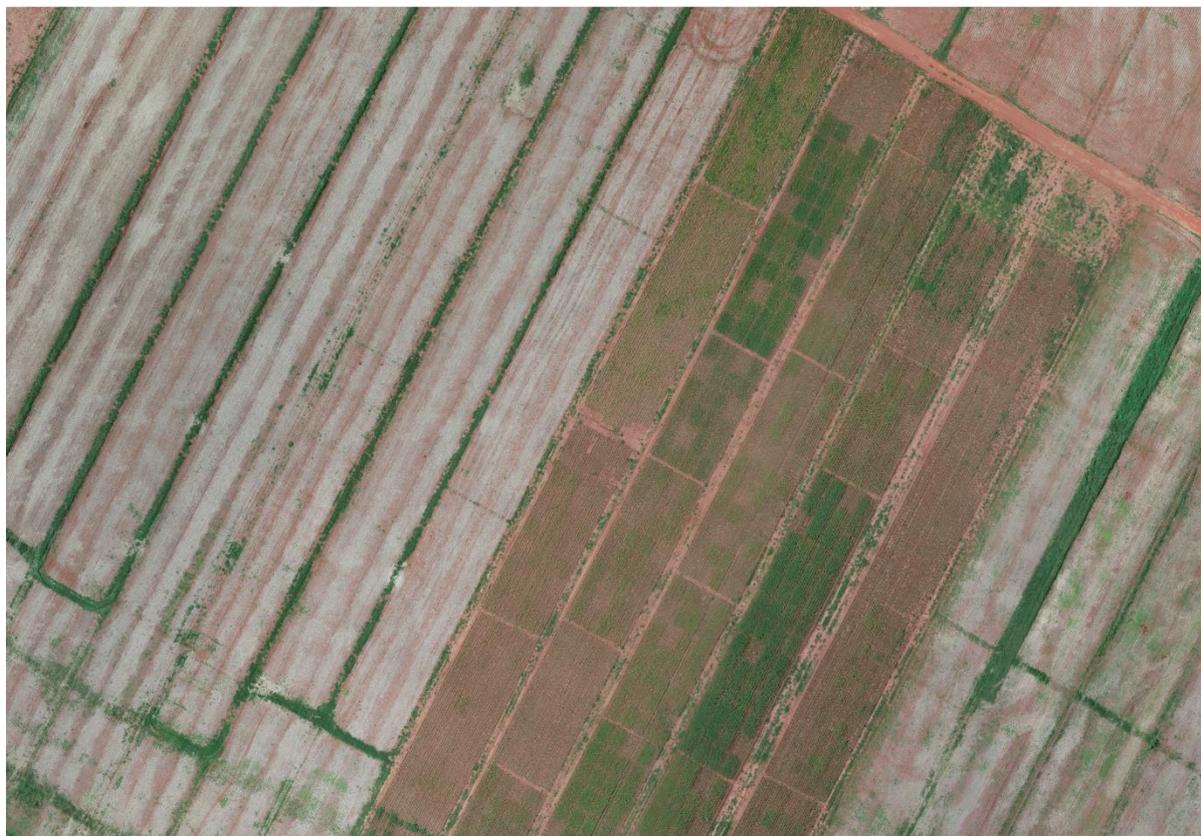
Anexo XI. Fotografia em composição multispectral capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (safra 2021/22) Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agronômica®, 2022.



Anexo XII. Fotografia em RGB (additive primary colors: red, green, blue) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (safra 2021/22) Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agrônômica®, 2022.



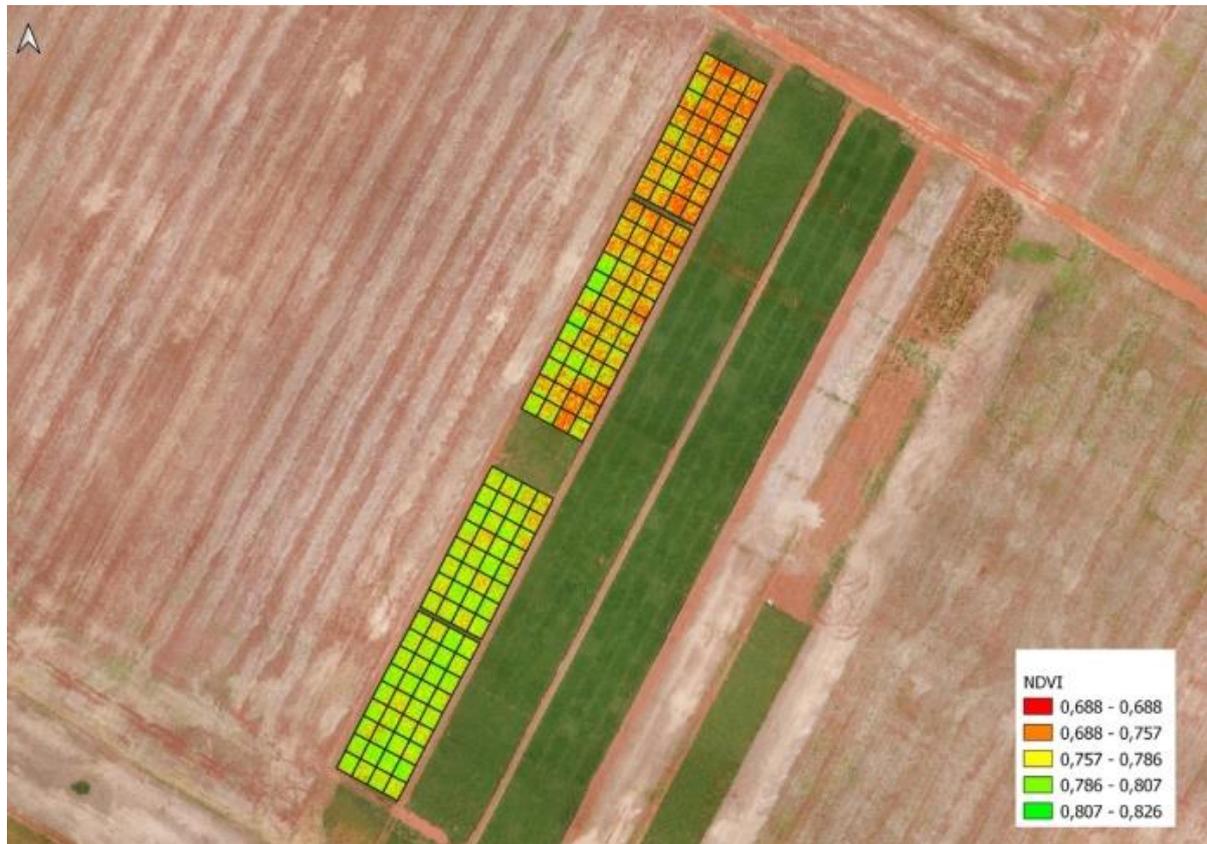
Anexo XIII. Fotografia em RGB (additive primary colors: red, green, blue) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (safra 2022/23) Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agrônômica®, 2023.



Anexo XIV. Fotografia em RGB (additive primary colors: red, green, blue) com marcação das parcelas de 5 x 4 metros, capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (safra 2022/23) Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agrônômica®, 2023.



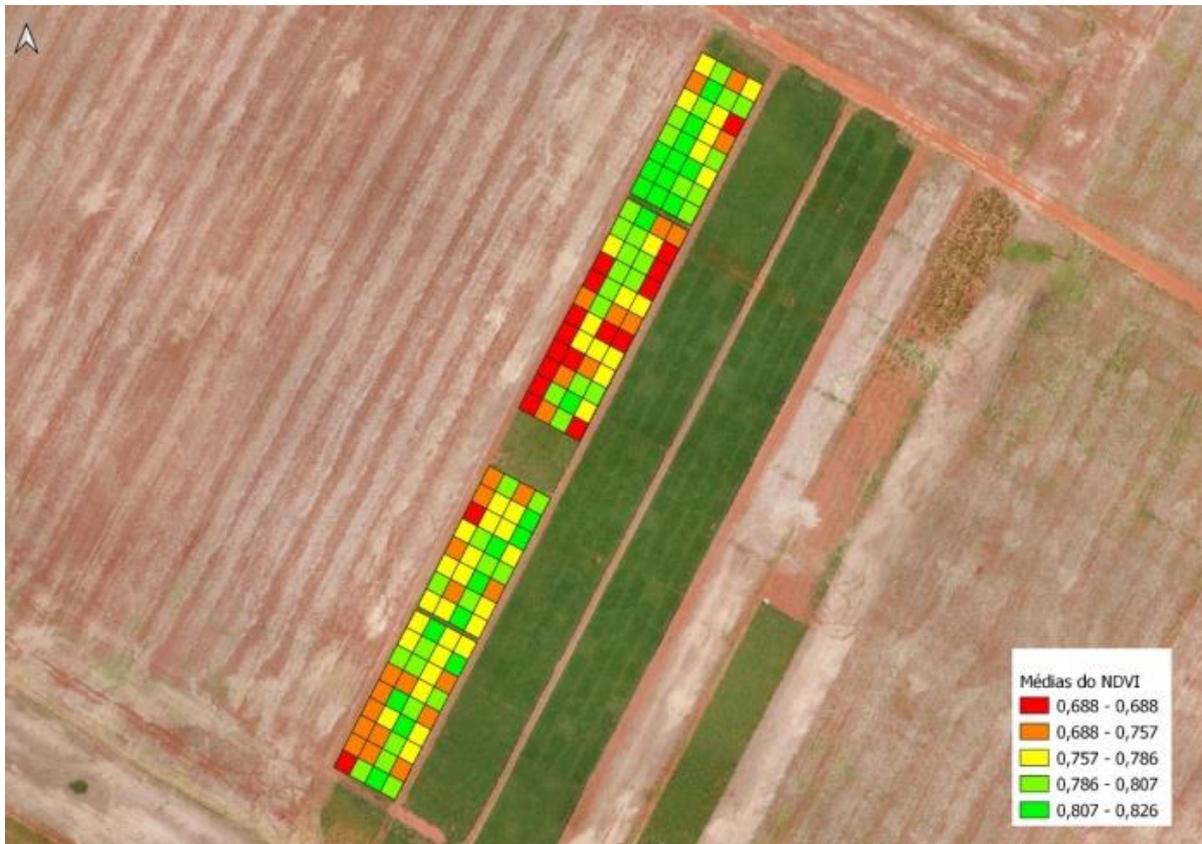
Anexo XV. Fotografia em NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (safra 2021/22) Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agrônômica®, 2022.



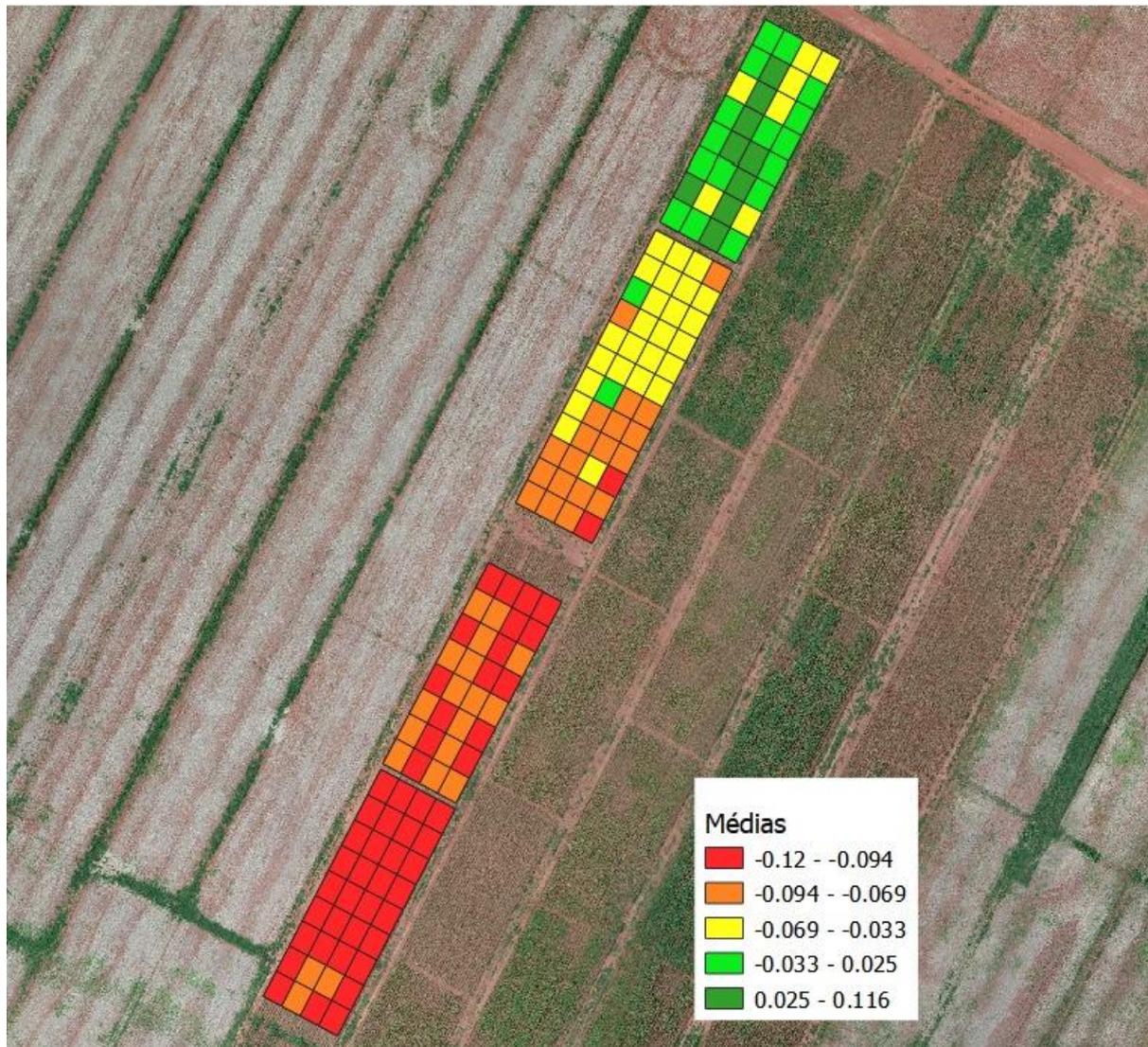
Anexo XVI. Fotografia em NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (safra 2022/23) Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agronômica®, 2022.



Anexo XVII. Fotografia evidenciando as médias de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (época 1 - safra 2021/22) Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agrônômica®, 2022.



Anexo XVIII. Fotografia evidenciando as médias de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) capturada pelo drone eBee Ag®, com lente Sensefly Duet M® (época 2 - safra 2022/23) Agro Carregal® & Prisma Inteligência Agrônômica®, 2024.



Anexo XIX. Croqui dos tratamentos do protocolo UnB 01.

T4R1 Ordem: 1	T1R2 Ordem: 16	T6R3 Ordem: 17	T5R4 Ordem: 32
T8R1 Ordem: 2	T2R2 Ordem: 15	T7R3 Ordem: 18	T3R4 Ordem: 31
T6R1 Ordem: 3	T3R2 Ordem: 14	T5R3 Ordem: 19	T1R4 Ordem: 30
T1R1 Ordem: 4	T4R2 Ordem: 13	T8R3 Ordem: 20	T7R4 Ordem: 29
T7R1 Ordem: 5	T5R2 Ordem: 12	T4R3 Ordem: 21	T2R4 Ordem: 29
T2R1 Ordem: 6	T6R2 Ordem: 11	T3R3 Ordem: 22	T8R4 Ordem: 27
T3R1 Ordem: 7	T7R2 Ordem: 10	T1R3 Ordem: 23	T6R4 Ordem: 26
T5R1 Ordem: 8	T8R2 Ordem: 9	T2R3 Ordem: 24	T4R4 Ordem: 25

Anexo XX. Croqui dos tratamentos do protocolo UnB 02.

T4R1 Ordem: 1	T1R2 Ordem: 16	T6R3 Ordem: 17	T5R4 Ordem: 32
T8R1 Ordem: 2	T2R2 Ordem: 15	T7R3 Ordem: 18	T3R4 Ordem: 31
T6R1 Ordem: 3	T3R2 Ordem: 14	T5R3 Ordem: 19	T1R4 Ordem: 30
T1R1 Ordem: 4	T4R2 Ordem: 13	T8R3 Ordem: 20	T7R4 Ordem: 29
T7R1 Ordem: 5	T5R2 Ordem: 12	T4R3 Ordem: 21	T2R4 Ordem: 29
T2R1 Ordem: 6	T6R2 Ordem: 11	T3R3 Ordem: 22	T8R4 Ordem: 27
T3R1 Ordem: 7	T7R2 Ordem: 10	T1R3 Ordem: 23	T6R4 Ordem: 26
T5R1 Ordem: 8	T8R2 Ordem: 9	T2R3 Ordem: 24	T4R4 Ordem: 25

Anexo XXI. Croqui dos tratamentos do protocolo UnB 03.

T5R1 Ordem: 1	T1R2 Ordem: 18	T6R3 Ordem: 19	T2R4 Ordem: 36
T9R1 Ordem: 2	T2R2 Ordem: 17	T5R3 Ordem: 20	T7R4 Ordem: 35
T1R1 Ordem: 3	T3R2 Ordem: 16	T8R3 Ordem: 21	T9R4 Ordem: 34
T8R1 Ordem: 4	T4R2 Ordem: 15	T2R3 Ordem: 22	T6R4 Ordem: 33
T3R1 Ordem: 5	T5R2 Ordem: 14	T9R3 Ordem: 23	T1R4 Ordem: 32
T4R1 Ordem: 6	T6R2 Ordem: 13	T3R3 Ordem: 24	T4R4 Ordem: 31
T6R1 Ordem: 7	T7R2 Ordem: 12	T1R3 Ordem: 25	T8R4 Ordem: 30
T2R1 Ordem: 8	T8R2 Ordem: 11	T4R3 Ordem: 26	T5R4 Ordem: 29
T7R1 Ordem: 9	T9R2 Ordem: 10	T7R3 Ordem: 27	T3R4 Ordem: 28

Anexo XXII. Croqui dos tratamentos do protocolo UnB 04.

T8R1 Ordem: 1	T1R2 Ordem: 24	T11R3 Ordem: 25	T9R4 Ordem: 48
T12R1 Ordem: 2	T2R2 Ordem: 23	T6R3 Ordem: 26	T8R4 Ordem: 47
T9R1 Ordem: 3	T3R2 Ordem: 22	T7R3 Ordem: 27	T10R4 Ordem: 46
T6R1 Ordem: 4	T4R2 Ordem: 21	T12R3 Ordem: 28	T6R4 Ordem: 45
T10R1 Ordem: 5	T5R2 Ordem: 20	T8R3 Ordem: 29	T1R4 Ordem: 44
T1R1 Ordem: 6	T6R2 Ordem: 19	T2R3 Ordem: 30	T5R4 Ordem: 43
T4R1 Ordem: 7	T7R2 Ordem: 18	T10R3 Ordem: 31	T3R4 Ordem: 42
T3R1 Ordem: 8	T8R2 Ordem: 17	T4R3 Ordem: 32	T11R4 Ordem: 41
T11R1 Ordem: 9	T9R2 Ordem: 16	T1R3 Ordem: 33	T2R4 Ordem: 40
T2R1 Ordem: 10	T10R2 Ordem: 15	T3R3 Ordem: 34	T7R4 Ordem: 39
T7R1 Ordem: 11	T11R2 Ordem: 14	T5R3 Ordem: 35	T12R4 Ordem: 38
T5R1 Ordem: 12	T12R2 Ordem: 13	T9R3 Ordem: 36	T4R4 Ordem: 37

Anexo XXIII. Componente de produtividade (sacas por hectare) estimado dos tratamentos do ensaio UnB 01 - Época 1. Cultivar: Brasmax Foco IPRO®.

Tratamentos	Sacas/ha⁻¹	Kgs.ha⁻¹
1.Testemunha	18,2	1095,5
2.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem*	20,3	1223,15
3.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	20,46	1228,06
4.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	22,53	1352,27
5.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	22,48	1349,10
6.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Mancozebe	23,21	1392,6
7.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Clorotalonil	21,77	1306,3
8.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Oxicloreto de Cu	21,13	1268

*Produtos comerciais: Fox Xpro (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem); Unizeb Gold (Mancozebe); Bravonil 720 (Clorotalonil); Reconil (Oxicloreto de Cobre).

Anexo XXIV. Componente de produtividade (sacas por hectare) estimado dos tratamentos do ensaio UnB 01 - Época 2. Cultivar: Brasmax Foco IPRO®.

Tratamentos	Sacas/ha⁻¹	Kgs.ha⁻¹
1.Testemunha	13,24	794,55
2.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem*	10,57	634,19
3.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	14,00	840,03
4.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	20,72	1243,4
5.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	22,30	1337,93
6.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Mancozebe	23,46	1407,41
7.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Clorotalonil	23,98	1438,89
8.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Oxicloreto de Cu	20,82	1249,17

*Produtos comerciais: Fox Xpro (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem); Unizeb Gold (Mancozebe); Bravonil 720 (Clorotalonil); Reconil (Oxicloreto de Cobre).

Anexo XXV. Componente de produtividade (sacas por hectare) estimado dos tratamentos do ensaio UnB 02 - Época 1. Cultivar: TMG 7063 IPRO®.

Tratamentos	Sacas/ha⁻¹	Kgs.ha⁻¹
1.Testemunha	30,33	1819,74
2.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem*	33,04	1982,21
3.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	36,11	2166,3
4.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	34,69	2081,68
5.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	35,84	2150,31
6.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Mancozebe	36,11	2166,59
7.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Clorotalonil	36,14	2168,66
8.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Oxicloreto de Cu	35,70	2141,77

*Produtos comerciais: Fox Xpro (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem); Unizeb Gold (Mancozebe); Bravonil 720 (Clorotalonil); Reconil (Oxicloreto de Cobre).

Anexo XXVI. Componente de produtividade (sacas por hectare) estimado dos tratamentos do ensaio UnB 02 - Época 2. Cultivar: TMG 7063 IPRO®.

Tratamentos	Sacas/ha⁻¹	Kgs.ha⁻¹
1.Testemunha	32,25	1934,93
2.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem*	28,85	1730,91
3.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	29,46	1767,69
4.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	34,73	2083,72
5.Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem	33,69	2021,25
6.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Mancozebe	35,70	2141,85
7.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Clorotalonil	38,42	2305,27
8.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Oxicloreto de Cu	35,40	2123,74

*Produtos comerciais: Fox Xpro (Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem); Unizeb Gold (Mancozebe); Bravonil 720 (Clorotalonil); Reconil (Oxicloreto de Cobre).

Anexo XXVII. Componente de produtividade (sacas por hectare) estimado dos tratamentos do ensaio UnB 03 - Época 1. Cultivar: Brasmax Foco IPRO®.

Tratamentos	Sacas/ha⁻¹	Kgs.ha⁻¹
1. Testemunha	19,26	1155,3
2. Cerevisane LAS 117*	20,03	1201,6
3. <i>Bacillus subtilis</i> BV02	20,71	1242,4
4. Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe + [Ciproconazol + Difenocanazol] + Clorotalonil	20,34	1220,3
5. <i>Bacillus subtilis</i> BV02 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe + [Ciproconazol + Difenocanazol] + Clorotalonil	20,93	1255,7
6. Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclastrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol]	19,62	1177,08
7. <i>Bacillus subtilis</i> BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclastrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol]	22,30	1338,06
8. [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclastrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol]	19,75	1185,2
9. [Picoxistrobina + Ciproconazol] + Mancozebe + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclastrobina] + Oxicloreto de Cu + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] + Clorotalonil	25,03	1501,8

*Produtos comerciais: Romeo SC (Cerevisane LAS 117); Bio-imune (*Bacillus subtilis* BV02); Fox Xpro ([Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem]); Unizeb Gold (Mancozebe); Cypress 400 EC (Ciproconazol + Difenocanazol); Bravonil 720 (Clorotalonil); Aproach Prima (Picoxistrobina + Ciproconazol); Ativum (Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclastrobina).

Anexo XXVIII. Componente de produtividade (sacas por hectare) estimado dos tratamentos do ensaio UnB 03 - Época 2. Cultivar: Brasmax Foco IPRO®.

Tratamentos	Sacas/ha⁻¹	Kgs.ha⁻¹
1. Testemunha	10,93	656
2. Cerevisane LAS 117*	11,01	660,6
3. <i>Bacillus subtilis</i> BV02	11,60	696,16
4. Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe + [Ciproconazol + Difenocanazol] + Clorotalonil	10,89	653,47
5. <i>Bacillus subtilis</i> BV02 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + Mancozebe + [Ciproconazol + Difenocanazol] +	11,15	669,24

Clorotalonil		
6.Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol]	13,06	783,36
7. <i>Bacillus subtilis</i> BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol]	15,95	957,08
8.[Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol]	15,33	920,06
9.[Picoxistrobina + Ciproconazol] + Mancozebe + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + Oxicloreto de Cu + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] + Clorotalonil	17,14	1028,39

*Produtos comerciais: Romeo SC (Cerevisane LAS 117); Bio-imune (*Bacillus subtilis* BV02); Fox Xpro ([Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem); Unizeb Gold (Mancozebe); Cypress 400 EC (Ciproconazol + Difenocanazol); Bravonil 720 (Clorotalonil); Aproach Prima (Picoxistrobina + Ciproconazol); Ativum (Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina).

Anexo XXIX. Componente de produtividade (sacas por hectare) estimado dos tratamentos do ensaio UnB 04 - Época 1. Cultivar: TMG 7063 Inox®.

Tratamentos	Sacas/ha ⁻¹	Kgs.ha ⁻¹
1.Testemunha	30,66	1839,8
2.Cerevisane LAS 117*	30,47	1828,3
3. <i>Bacillus subtilis</i> BV02	29,94	1796,4
4.Cerevisane LAS 117	29,32	1759,1
5. <i>Bacillus subtilis</i> BV02	29,14	1748,5
6.Cerevisane LAS 117	28,60	1716,01
7. <i>Bacillus subtilis</i> BV02	28,80	1728,29
8.Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol]	32,50	1950
9. <i>Bacillus subtilis</i> BV02 + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol]	30,27	1816,3
10.[Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol]	32,79	1967,3
11.[Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol]	34,00	2039,9

12.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol]	32,99	1979,1
---	-------	--------

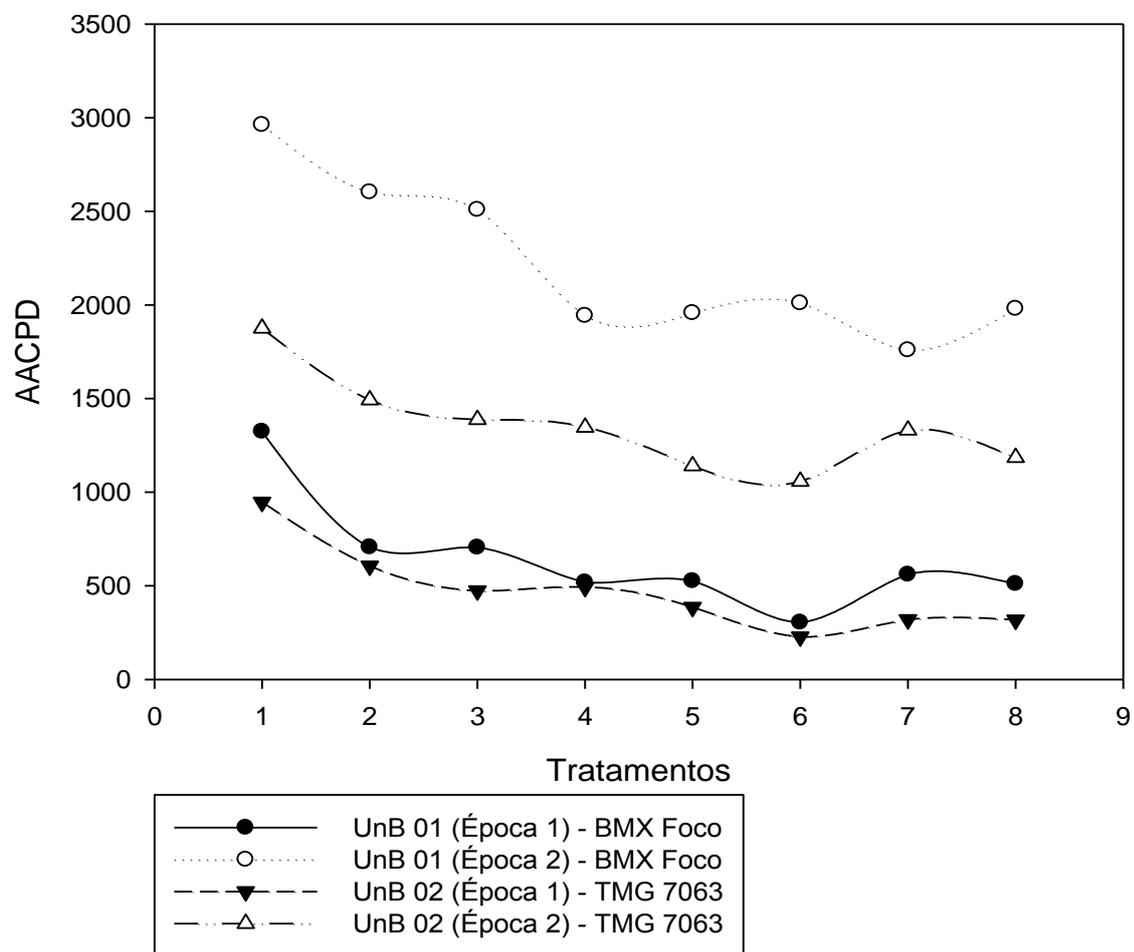
*Produtos comerciais: Romeo SC (Cerevisane LAS 117); Bio-imune (*Bacillus subtilis* BV02); Fox Xpro ([Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem]); Cypress 400 EC ([Ciproconazol + Difenconazol]); Ativum (Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina).

Anexo XXX. Componente de produtividade (sacas por hectare) estimado dos tratamentos do ensaio UnB 04 - Época 2. Cultivar: TMG 7063 Inox®.

Tratamentos	Sacas/ha ⁻¹	Kgs.ha ⁻¹
1.Testemunha	32,14	1928,6
2.Cerevisane LAS 117*	30,05	1803,2
3. <i>Bacillus subtilis</i> BV02	31,13	1868
4.Cerevisane LAS 117	32,22	1933,2
5. <i>Bacillus subtilis</i> BV02	32,66	1959,3
6.Cerevisane LAS 117	33,49	2009,3
7. <i>Bacillus subtilis</i> BV02	31,04	1862,6
8.Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol]	33,74	2024,6
9. <i>Bacillus subtilis</i> BV02 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol]	33,27	1996
10.[Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol]	38,43	2305,7
11.[Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol]	33,33	1999,7
12.[Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol]	33,85	2030,7

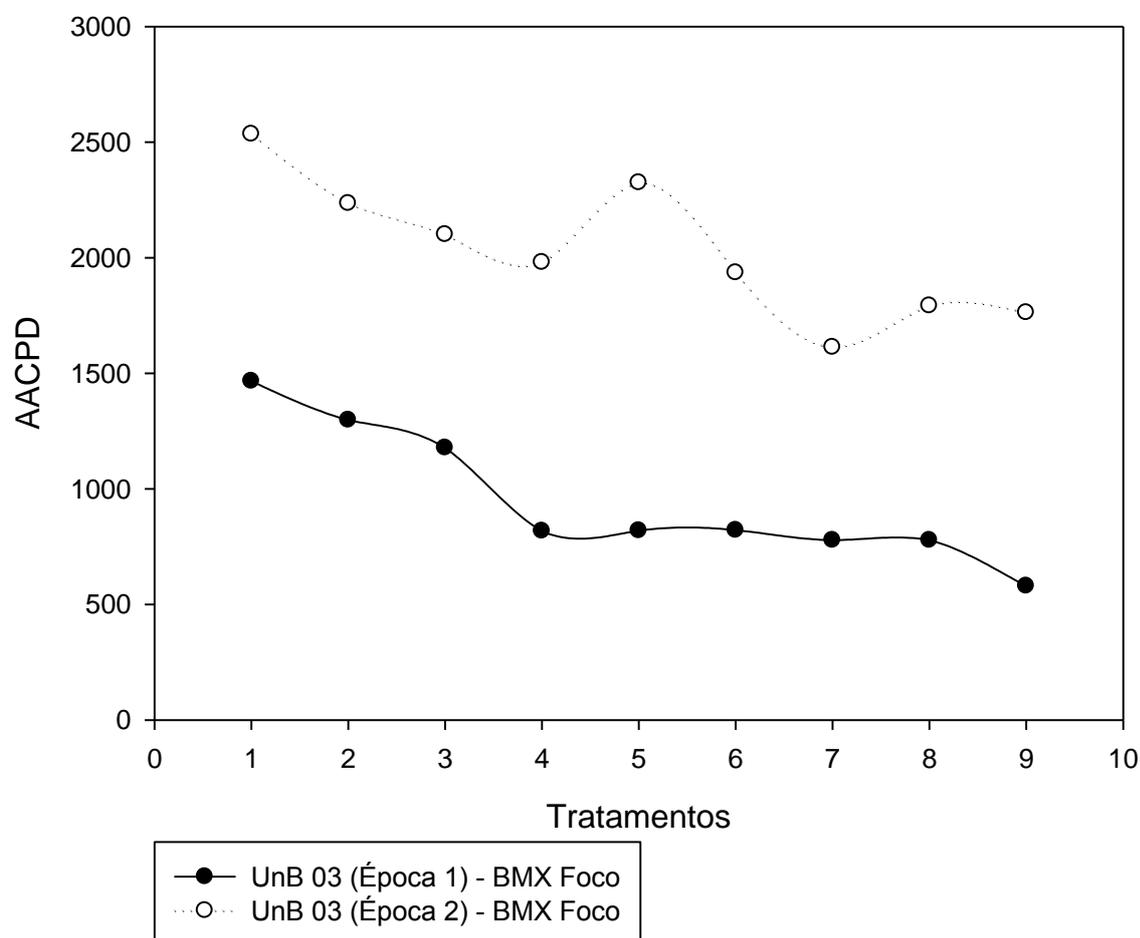
*Produtos comerciais: Romeo SC (Cerevisane LAS 117); Bio-imune (*Bacillus subtilis* BV02); Fox Xpro ([Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem]); Cypress 400 EC ([Ciproconazol + Difenconazol]); Ativum (Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclostrobina).

Anexo XXXI. Comparativo dos valores de AACPD dos tratamentos dos ensaios UnB 01 e UnB 02, nas duas épocas de avaliações (2021/22 e 2022/23).



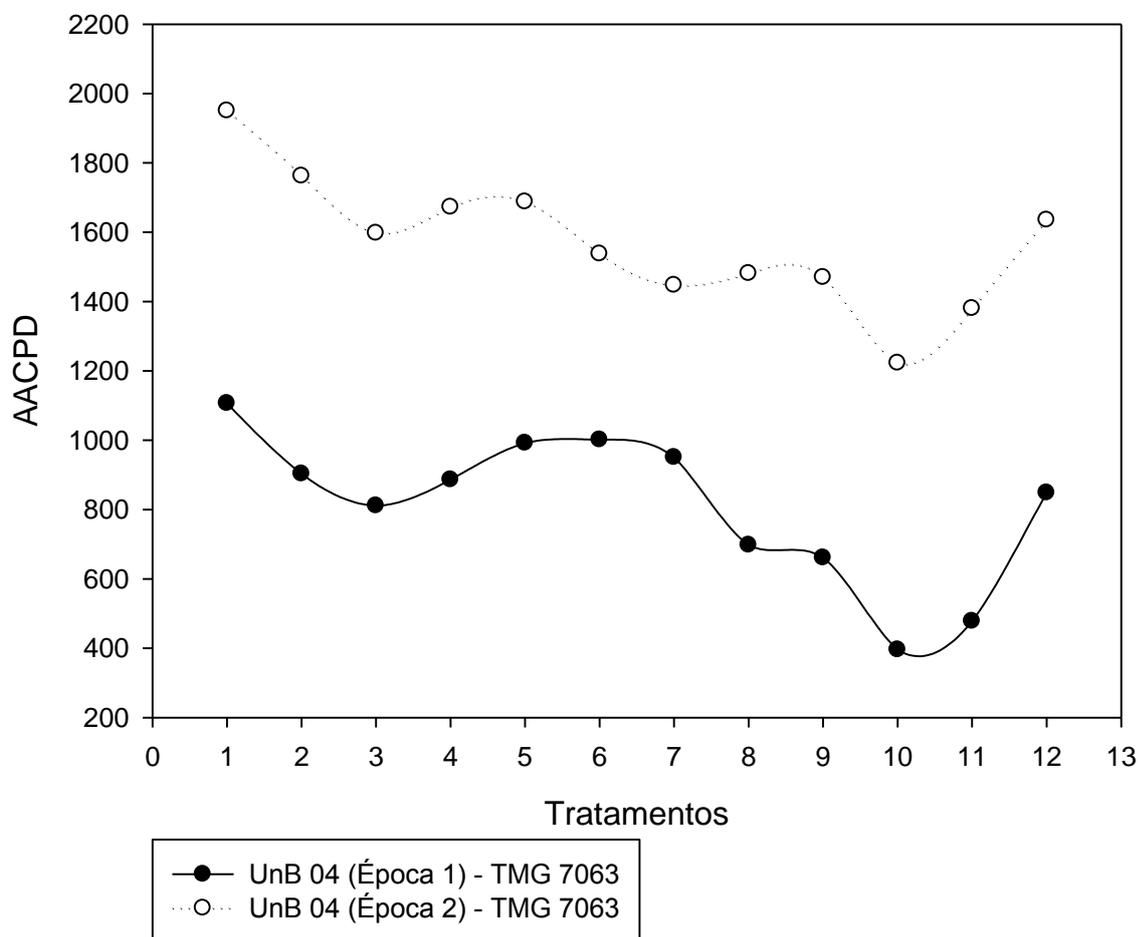
Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (60 DAE); 3: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (45 e 60 DAE); 4: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (30, 45 e 60 DAE); 5: Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem (30, 45, 60 e 75 DAE); 6: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Mancozebe (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 7: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Clorotalonil (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE); 8: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + Oxiclureto de cobre (30, 45 e 60 DAE + 45 e 60 DAE).

Anexo XXXII. Comparativo dos valores de AACPD dos tratamentos do ensaio UnB 03, nas duas épocas de avaliações (2021/22 e 2022/23).



Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 + (Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem) + Mancozebe + (Ciproconazol + Difenocanazol) + Clorotalonil (30>45 + 60 + 60 + 75 + 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclastrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 + [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclastrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30>45>60>75 + 30 + 45 + 50 + 75 DAE); 8: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxapiraxade + Piraclastrobina] + [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (30 + 45 + 60 + 75 DAE); 9: [Trifloxistrobina + Protiocanazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenocanazol] (60 e 75 DAE).

Anexo XXXIII. Comparativo dos valores de AACPD dos tratamentos do ensaio UnB 04, nas duas épocas de avaliações (2021/22 e 2022/23).



Tratamentos: 1: Testemunha; 2: Cerevisane LAS 117 (30, 45, 60 e 75 DAE); 3: *Bacillus subtilis* BV02 (30, 45, 60 e 75 DAE); 4: Cerevisane LAS 117 (45, 60 e 75 DAE); 5: *Bacillus subtilis* BV02 (45, 60 e 75 DAE); 6: Cerevisane LAS 117 (30 e 45 DAE); 7: *Bacillus subtilis* BV02 (30 e 45 DAE); 8: Cerevisane LAS 117 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 9: *Bacillus subtilis* BV02 + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30>45 + 60 + 75 DAE); 10: [Picoxistrobina + Ciproconazol] + [Epoconazol + Fluxaproxade + Piraclostrobrina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (30, 45, 60 e 75 DAE); 11: [Epoconazol + Fluxaproxade + Piraclostrobrina] + [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (45, 60 e 75 DAE); 12: [Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafem] + [Ciproconazol + Difenconazol] (60 e 75 DAE).

Anexo XXXIV. Especificações técnicas da ponta de pulverização utilizada para a aplicação dos tratamentos com fungicidas químicos e biológicos.

Ponta	Jacto® JGT 110.02 (Amarelo)
Classe	Leque Duplo
Pressão de trabalho	30 a 115 psi (utilizado: 30 psi)
Ângulo de pulverização	110°
Vazão	0,65 (30 psi) a 1,31 (115 psi) L/min
Classe de Gotículas produzida	Finas a muito finas

Fonte: Jacto®, 2022.

Agradecimentos:

