

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE – GO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

**ALTERNATIVAS PARA O MANEJO DE PLANTAS
DANINHAS NO SORGO GRANÍFERO NA REGIÃO
DOS CERRADOS**

Autor: Weverton Ferreira Santos
Orientador: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz

RIO VERDE - GO
Setembro - 2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE – GO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

ALTERNATIVAS PARA O MANEJO DE PLANTAS
DANINHAS NO SORGO GRANÍFERO NA REGIÃO
DOS CERRADOS

Autor: Weverton Ferreira Santos
Orientador: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde - GO - Área de concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

RIO VERDE-GO
Setembro - 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

SW544a Santos, Weverton
Alternativas para o manejo de plantas daninhas no sorgo granífero na região dos Cerrados / Weverton Santos; orientador Alessandro Guerra da Silva; co-orientador Guilherme Braga Pereira Braz. -- Rio Verde, 2019.
139 p.

Tese (em Programa de pós graduação em Ciências Agrárias - Agronomia - Doutorado) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. Seletividade. 2. Fitointoxicação. 3. Sucessão de culturas. 4. Manejo cultural. 5. Sorghum bicolor. I. Guerra da Silva, Alessandro, orient. II. Braga Pereira Braz, Guilherme, co-orient. III. Título.



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Weverton Ferreira Santos

Matrícula: 2015202320140136

Título do Trabalho: Alternativas para o manejo de plantas daninhas no sorgo granífero na região dos Cerrados.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 12/12/2019

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, GO
Local

12/12/2019
Data

Weverton F. Santos

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Alexandre Guene de Silva

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS RIO VERDE - GO
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-AGRONOMIA

ATA Nº/63 BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE

Aos treze dias do mês de setembro do ano de dois mil e dezenove, às 08h00min (oito horas), reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva (orientador), Prof. Dr. Adriano Jakelaitis (avaliador interno), Dr. Sergio de Oliveira Procópio (avaliador externo), Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz (avaliador externo) e Dra. Maria Mirmes Paiva Goulart (avaliadora externa), sob a presidência do(a) primeiro(a), em sessão pública realizada na Sala 33 do bloco Pedagógico III do IF Goiano – Campus Rio Verde, para procederem a avaliação da defesa de Tese, em nível de Doutorado, de autoria de **WEVERTON FERREIRA SANTOS**, discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo(a) presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Alessandro Guerra Silva, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida o(a) autor (a) da Tese para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinado(a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, e procedidas às correções recomendadas, a Tese foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **DOCTOR(a) EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-AGRONOMIA**, na área de concentração Produção Vegetal Sustentável no Cerrado, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGCA-AGRO da versão definitiva da Tese, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Tese em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Tese de Doutorado, e para constar, eu, Vanilda Maria Campos, secretária do PPGCA-AGRO, lavrei a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em três vias de igual teor.

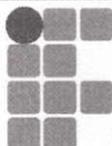
Prof. Dr. Adriano Jakelaitis
Avaliador interno
IF Goiano – Campus Rio Verde

Dr. Sergio de Oliveira Procópio
Avaliador externo
Embrapa Meio Ambiente

Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz
Avaliador externo
Universidade de Rio Verde

Dra. Maria Mirmes Paiva Goulart
Avaliadora externa
Universidade de Rio Verde

Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Presidente da banca
IF Goiano – Campus Rio Verde



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

**ALTERNATIVAS PARA O MANEJO DE PLANTAS
DANINHAS NO SORGO GRANÍFERO NA REGIÃO DOS
CERRADOS**

Autor: Weverton Ferreira Santos
Orientador: Dr. Alessandro Guerra da Silva

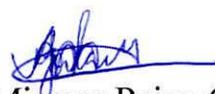
TITULAÇÃO: Doutorado em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

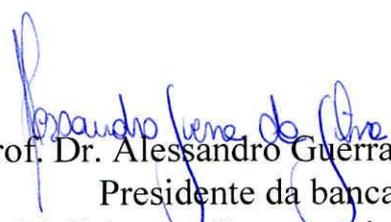
APROVADO em 13 de setembro de 2019.


Prof. Dr. Adriano Jakelaitis
Avaliador interno
IF Goiano – Campus Rio Verde


Dr. Sergio de Oliveira Procópio
Avaliador externo
Embrapa Meio Ambiente


Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz
Avaliador externo
Universidade de Rio Verde


Dra. Maria Mirmes Paiva Goulart
Avaliadora externa
Universidade de Rio Verde


Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Presidente da banca
IF Goiano – Campus Rio Verde

À minha esposa Jocasta, aos meus filhos Ryan Eduardo, Mariah Beatriz e Kauan, pela compreensão e incentivo durante as etapas deste projeto,

OFEREÇO

A toda a minha família, em especial à minha mãe Delcimária, aos meus avós Carmosina e Albino e à minha tia Maria da Paz,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela iluminação e sabedoria para a conclusão desse projeto diante de todas as adversidades superadas.

À minha esposa Jocasta e aos meus filhos Ryan Eduardo, Mariah Beatriz e Kauan, que tiveram paciência e souberam entender os momentos de ausência.

Ao professor e orientador Alessandro Guerra da Silva, pela orientação e confiança no desenvolvimento das etapas deste trabalho.

Ao professor e pesquisador Sérgio de Oliveira Procópio, pelo auxílio na idealização e orientações neste projeto.

À Universidade de Rio Verde - UniRV, pela parceria e apoio, imprescindíveis para execução dos trabalhos.

À PROSUL, na pessoa do coordenador Leandro Balestrin, pela compreensão e apoio essenciais no desenvolvimento dos trabalhos.

Ao Grupo de Apoio à Pesquisa do Sudoeste Goiano - Gapes, pela colaboração e auxílio nas pesquisas.

Às empresas de sementes de sorgo em Rio Verde, pela colaboração e disponibilização dos materiais.

A todos os alunos de iniciação científica que contribuíram com o trabalho.

Ao aluno de iniciação científica Rafael Lopes, deixo um agradecimento especial.

Aos professores do IF Goiano, pelos ensinamentos e conhecimentos adquiridos ao longo das disciplinas.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e colaborações no trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

WEVERTON FERREIRA SANTOS, filho de Delcimária Ferreira dos Santos Reis, nasceu no dia 17 de março de 1982, em Arraias, Estado do Tocantins.

Concluiu o ensino médio na Escola Estadual Prof^a. Joana Batista Cordeiro em 1999.

Em 2000, ingressou no Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Tocantins – Unitins, que, posteriormente, veio a se tornar Universidade Federal do Tocantins, concluindo a graduação em 2003.

Exerceu a função de professor do ensino fundamental e médio de 2004 a 2007, atuando em escolas públicas e privadas.

Posteriormente, trabalhou em empresas privadas atuando como analista ambiental. Obteve o título de Especialista em Planejamento e Gerenciamento Ambiental com atuação de mais de cinco anos na supervisão e gerenciamento ambiental.

Ingressou em agosto de 2011 no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Faculdade de Agronomia na Universidade de Rio Verde – UniRV, obtendo o título de mestre em produção vegetal em setembro de 2014.

Em 2015, ingressou no Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, vinculado ao IF Goiano.

Obteve o título de Doutor em Ciências Agrárias após a defesa de tese em setembro de 2019.

ÍNDICE GERAL

	Página
ÍNDICE GERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIACÕES	xiii
RESUMO GERAL	xv
GENERAL ABSTRACT	xvii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 A cultura do sorgo granífero	1
1.2 Controle químico de plantas daninhas no sorgo granífero	2
1.3 Manejo cultural e adubação no sorgo granífero.....	4
1.4. Cultivo do sorgo na região dos Cerrados.....	5
1.5 REFERÊNCIAS.....	7
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo Geral.....	10
2.2. Objetivos específicos	10
3. CAPÍTULO I	11
DOSES DE TEMBOTRIONE EM HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO NA SAFRINHA	11
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12

3.1 INTRODUÇÃO	12
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
3.4 CONCLUSÃO	23
3.5. REFERÊNCIAS.....	24
4. CAPÍTULO II.....	27
TOLERÂNCIA DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO A DOSES DE TEMBOTRIONE.....	27
RESUMO.....	27
ABSTRACT.....	28
4.1 INTRODUÇÃO	28
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	30
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.3.1 <i>Experimento em Santa Helena de Goiás</i>	35
4.3.2. <i>Experimento em Montividiu</i>	40
4.4. CONCLUSÃO	47
4.5. REFERÊNCIAS.....	47
5. CAPÍTULO III.....	50
ESTÁDIO DE APLICAÇÃO E DOSES DE TEMBOTRIONE EM SORGO GRANÍFERO NA REGIÃO DOS CERRADOS	50
RESUMO	50
ABSTRACT.....	51
5.1 INTRODUÇÃO	52
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	54
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
5.3.1. <i>Fitointoxicação</i>	57
5.3.2. <i>Experimento em Rio Verde-GO</i>	61
5.3.3. <i>Experimento em Montividiu-GO</i>	68
5.4 CONCLUSÃO	75
5.5 REFERÊNCIAS.....	76
6. CAPÍTULO IV	79
SELETIVIDADE DO SORGO GRANÍFERO AO TEMBOTRIONE NA REGIÃO SUDOESTE DE GOIÁS	79

RESUMO	79
ABSTRACT.....	80
6.1 INTRODUÇÃO	80
6.2 MATERIAL E MÉTODOS	81
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	84
6.3.1. <i>Experimento em Rio Verde</i>	86
6.3.2. <i>Experimento em Montividiu</i>	91
6.4 CONCLUSÃO	96
6.5 REFERÊNCIAS.....	96
7. CAPÍTULO V	99
ARRANJO DE PLANTAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA EM SORGO GRANÍFERO NO CERRADO	99
RESUMO.....	99
ABSTRACT.....	100
7.1 INTRODUÇÃO	101
7.2 MATERIAL E MÉTODOS	103
7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	105
7.3.1. <i>Experimento em Rio Verde</i>	107
7.3.2. <i>Experimento em Montividiu</i>	111
7.4 CONCLUSÃO	115
7.5 REFERÊNCIAS.....	115
8. CONSIDERAÇÕES GERAIS	118

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO I DOSES DE TEMBOTRIONE EM HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO NA SAFRINHA.....	11
Tabela 1. Médias das notas das avaliações visuais e dos percentuais de toxidez dos híbridos de sorgo granífero submetidos a doses de tembotrione. Rio Verde-GO. Safrinha de 2016.....	17
Tabela 2. Resumo da análise de variância dos dados de fitointoxicação e características agronômicas de híbridos de sorgo granífero, Rio Verde-GO, 2016. AP: altura de plantas, DC: diâmetro do colmo, BS: biomassa seca da parte aérea.....	19
Tabela 3. Médias dos percentuais de fitointoxicação dos híbridos de sorgo granífero avaliados em Rio Verde - GO, 2016.....	20
Tabela 4. Médias das variáveis altura de plantas, biomassa seca e diâmetro do colmo de híbridos de sorgo granífero submetidos a doses do tembotrione. Rio Verde-GO, 2016.....	23
Tabela 5. Médias das variáveis altura de plantas, biomassa seca e diâmetro do colmo em relação a doses do tembotrione. Rio Verde-GO, 2016.....	23
CAPÍTULO II TOLERÂNCIA DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO A DOSES DE TEMBOTRIONE.....	27
Tabela 1. Resumo da análise de variância dos dados de fitointoxicação e das características agronômicas de híbridos de sorgo granífero. Santa Helena de Goiás e Montividiu-GO, 2016.....	34

Tabela 2. Médias dos percentuais de fitointoxicação do sorgo granífero. Santa Helena de Goiás - GO, 2016.....	35
Tabela 3. Médias das características agronômicas de híbridos de sorgo granífero. Santa Helena de Goiás-GO, 2016.....	37
Tabela 4. Médias dos desdobramentos da interação de híbridos de sorgo granífero submetidos a doses de atrazine e tembotrione. Santa Helena de Goiás-GO, 2016.....	38
Tabela 5. Médias das variáveis com efeito médio significativo para híbridos de sorgo. Montividiu-GO, 2016.....	42
Tabela 6. Desdobramento da interação dos híbridos para cada nível de dose dos herbicidas. Montividiu-GO, 2016.....	44
CAPÍTULO III ESTÁDIO DE APLICAÇÃO DE DOSES DE TEMBOTRIONE EM SORGO GRANÍFERO NA REGIÃO DOS CERRADOS.....	50
Tabela 1. Médias das notas das avaliações visuais e dos percentuais de toxidez do sorgo granífero BRS 380. Rio Verde e Montividiu-GO, 2017 e 2018.....	57
Tabela 2. Resumo da análise de variância (valores do F calculado) dos dados de fitointoxicação, características agronômicas, componentes de rendimento e produtividade do sorgo granífero BRS 380. Altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (COL), comprimento das panículas (CPA), número de panículas (NPA), índice de colheita (ICO), biomassa seca total (MAS), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD). Rio Verde-GO, 2017 e 2018.....	59
Tabela 3. Resumo da análise de variância (valores do F calculado) dos dados de fitointoxicação, características agronômicas, componentes de rendimento e produtividade do sorgo granífero BRS 380. Altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (COL), comprimento das panículas (CPA), número de panículas (NPA), índice de colheita (ICO), biomassa seca total (MAS), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD). Montividiu-GO, 2017 e 2018.....	60
Tabela 4. Resultados médios da fitointoxicação das plantas de sorgo granífero BRS 380 com aplicações em diferentes estádios vegetativos e doses de herbicidas. Rio Verde-GO, 2017 e 2018.....	62
Tabela 5. Resultados médios das características agronômicas e produtividade do sorgo granífero BRS 380 com aplicação de tembotrione em diferentes estádios vegetativos e doses. Rio Verde-GO, 2017 e 2018.....	65

Tabela 6. Resultados médios da fitointoxicação do sorgo granífero BRS 380 em aplicações realizadas em diferentes estádios vegetativos e doses de herbicidas. Montividiu-GO, 2017 e 2018.....	69
Tabela 7. Resultados médios das características agronômicas e produtividade do sorgo granífero BRS 380. Montividiu-GO, 2017 e 2018.....	72
CAPÍTULO IV SELETIVIDADE DO SORGO GRANÍFERO AO TEMBOTRIONE NA REGIÃO SUDOESTE DE GOIÁS.....	79
Tabela 1. Resumo da análise de variância (valores do F calculado) dos dados de fitointoxicação, características agronômicas e produtividade de grãos do sorgo granífero BRS 330. Altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (COL), comprimento das panículas (CPA), número de panículas (NPA), biomassa seca (MAS), índice de colheita (ICO), peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PROD). Rio Verde e Montividiu-GO, 2018.....	85
Tabela 2. Resultados da fitointoxicação de plantas de sorgo granífero híbrido BRS 330. Rio Verde-GO, 2018.....	87
Tabela 3. Resultados das características agronômicas do sorgo granífero híbrido BRS 330. Rio Verde-GO, 2018.....	89
Tabela 4. Resultados da produtividade de grãos do sorgo granífero híbrido BRS 330 em Rio Verde-GO na safrinha de 2018.....	90
Tabela 5. Resultados da fitointoxicação do sorgo granífero híbrido BRS 330. Montividiu-GO, 2018.....	92
Tabela 6. Resultados das características agronômicas do sorgo granífero híbrido BRS 330. Montividiu-GO, 2018.....	94
Tabela 7. Resultados médios dos componentes de produtividade de grãos do sorgo granífero híbrido BRS 330. Montividiu-GO, 2018.....	95
CAPÍTULO V ARRANJO DE PLANTAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA EM SORGO GRANÍFERO NOS CERRADOS.....	99
Tabela 1. Resumo da análise de variância das características agronômicas, componentes de rendimento e produtividade do sorgo granífero do ensaio de arranjo de plantas e adubação nitrogenada em cobertura. Rio Verde e Montividiu -GO, 2018...106	106
Tabela 2. Valores médios das interações triplas das variáveis do sorgo granífero do ensaio de arranjo de plantas e adubação nitrogenada em cobertura em Rio Verde-GO, 2018.....	107

Tabela 3. Resultados médios das interações simples das variáveis do sorgo granífero do ensaio de arranjo de plantas e adubação nitrogenada em cobertura em Rio Verde-GO, 2018.....	108
Tabela 4. Resultados médios dos efeitos isolados dos fatores das variáveis do sorgo granífero do ensaio de arranjo de plantas e adubação nitrogenada em cobertura em Rio Verde-GO, 2018.....	109
Tabela 5. Resultados médios das interações triplas das variáveis do sorgo granífero do ensaio de arranjo de plantas e adubação nitrogenada em cobertura em Montividiu-GO, 2018.....	111
Tabela 6. Resultados médios das interações simples das variáveis do sorgo granífero do ensaio de arranjo de plantas e adubação nitrogenada. Montividiu-GO, 2018.....	112
Tabela 7. Resultados médios dos efeitos isolados das variáveis de cultivares de sorgo granífero do ensaio de arranjo de plantas e adubação nitrogenada em cobertura. Montividiu-GO, 2018.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I DOSES DE TEMBOTRIONE EM HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO NA SAFRINHA.....	11
Figura 1. Dados climatológicos no período de condução do experimento. Rio Verde-GO, 2016.....	14
Figura 2. Injúrias e sintomas resultantes da aplicação de atrazine + tembotrione 180 g i. a. ha ⁻¹ , Rio Verde-GO, safrinha de 2016.....	19
Figura 3. Percentuais de toxidez de híbridos de sorgo pela aplicação de tembotrione, Rio Verde-GO, 2016.....	21
CAPÍTULO II TOLERÂNCIA DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO A DOSES DE TEMBOTRIONE.....	27
Figura 1. Dados de precipitação pluviométrica (mm). Santa Helena de Goiás de Goiás e Montividiu-GO, 2016.....	30
Figura 2. Percentual de fitointoxicação do sorgo granífero. Santa Helena de Goiás, 2016.....	36
Figura 3. Diâmetro do colmo e massa seca do sorgo granífero. Santa Helena de Goiás, 2016.....	38
Figura 4. Produtividade de grãos de sorgo granífero. Santa Helena de Goiás, 2016.....	40
Figura 5. Percentual de fitointoxicação de sorgo granífero. Montividiu, 2016.....	41
Figura 6. Peso de mil grãos de sorgo granífero submetido a aplicações dos herbicidas atrazine e tembotrione. Montividiu, 2016.....	43

Figura 7. Diâmetro do colmo, massa seca e produtividade de grãos de sorgo granífero. Montividiu, 2016.....	46
CAPÍTULO III ESTÁDIO DE APLICAÇÃO DE DOSES DE TEMBOTRIONE EM SORGO GRANÍFERO NA REGIÃO DOS CERRADOS.....	50
Figura 1. Dados de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média (°C) durante o período de condução dos experimentos. Montividiu e Rio Verde-GO, 2017 e 2018.....	54
CAPÍTULO IV SELETIVIDADE DO SORGO GRANÍFERO AO TEMBOTRIONE NA REGIÃO SUDOESTE DE GOIÁS.....	79
Figura 1 Dados de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média (°C) em Montividiu e Rio Verde-GO, 2018.....	82
CAPÍTULO V ARRANJO DE PLANTAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA EM SORGO GRANÍFERO NOS CERRADOS.....	99
Figura 1. Dados de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média (°C) durante o período de condução dos experimentos. Rio Verde e Montividiu – GO, 2018.....	103

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIACÕES

Símbolo/Sigla	Significado
%	Porcentagem
°C	Graus celsius
Adc	Adicional
Al	Alumínio
AP	Altura de plantas
Aw	Clima do tipo tropical
C.V. (%)	Coefficiente de variação em porcentagem
Ca	Cálcio
CaCl ₂	Cloreto de Cálcio
Cm	Centímetro
cmol _c dm ⁻³	Centimol por decímetro cúbico
CO ₂	Gás carbônico
CTC	Capacidade de troca catiônica
Cu	Cobre
DAA	Dias após a aplicação
DC	Diâmetro do colmo
EWRC	European weed research council
et al.	e colaboradores
Fat	Fatorial
Fe	Ferro
G	Grama
g i.a. ha ⁻¹	Gramas de ingrediente ativo por hectare
g L	Gramas por litro
H+Al	Hidrogênio mais alumínio
HPPD	hydroxyphenylpyruvate dioxygenase
K	Potássio
kg ha ⁻¹	Quilograma por hectare
Kgf/cm ²	Quilograma força por centímetro quadrado
L ha ⁻¹	Litros por hectare
m	Metro

m^2	Metros quadrados
Mg	Magnésio
$mg\ dm^{-3}$	Miligramas por decímetro cúbico
mm	Milímetros
Mn	Manganês
ms^{-2}	Metro por segundo
N	Nitrogênio
ns	Não significativo
P	Fósforo
pan. ha^{-1}	Panículas por herctare
pH	Potencial hidrogeniônico
R^2	Coefficiente de determinação
SB	Saturação de bases
Test	Testemunha
Zn	Zinco

RESUMO GERAL

SANTOS, WEVERTON FERREIRA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – GO. Setembro de 2019. **Alternativas para manejo de plantas daninhas no sorgo granífero na região dos Cerrados**. Orientador: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva. Coorientador: Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz.

O sorgo granífero é umas das importantes culturas cultivadas em sucessão à soja para a produção de grãos e forragens. Contudo, são mínimas as opções de controle químico de plantas daninhas em pós-emergência da cultura em razão da escassez de herbicidas. Nesse sentido, este estudo teve o objetivo de avaliar a tolerância do sorgo granífero à associação de atrazine e tembotrione e estabelecer estratégias para o manejo de plantas daninhas nas lavouras. Os trabalhos foram conduzidos nas safrinhas de 2016, 2017 e 2018 e agrupados em cinco experimentos. O primeiro experimento foi desenvolvido em Rio Verde em 2016, em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 10 x 4. Os fatores foram constituídos por dez híbridos de sorgo (AG 1085, Buster, BRS 380, BRS 332, DKB 540, DKB 550, Enforcer, 1G100, 50A10 e 50A70) associados a quatro doses de tembotrione (0, 60, 120, 180 g i.a. ha⁻¹). O segundo experimento foi conduzido em esquema fatorial 5 x 3, sendo constituído por cinco doses de tembotrione (0, 60, 120, 180 e 240 g i.a. ha⁻¹), associado a atrazine (1.000 g i.a. ha⁻¹), e por três híbridos de sorgo (AG 1085, BRS 330 e Jade), em Montividiu e em Santa Helena de Goiás, em esquema fatorial 5 x 11, com as mesmas doses de herbicidas e onze híbridos de sorgo (BRS 330, BRS 380, DKB 540, DKB 590, Jade, MS 320, Ranchero, XB 6020, XB 6022, 80G20, A 9904). O terceiro experimento foi

conduzido por dois anos consecutivos nas safrinhas de 2017 e 2018 em Rio Verde e Montividiu, em blocos casualizados, em esquema fatorial $3 \times 2 + 1$, correspondendo a três estádios vegetativos de aplicação (V_3 , V_5 e V_7), duas doses do herbicida tembotrione (90 e 180 g i.a. ha^{-1}) e a testemunha sem herbicida. O quarto experimento foi conduzido na safrinha de 2018 em Rio Verde e Montividiu, em blocos casualizados, em esquema fatorial $3 \times 2 + 1 + 1$, sendo três estádios vegetativos de aplicação (V_3 , V_5 e V_7), duas doses do herbicida tembotrione (90 e 180 g i.a. ha^{-1}), um tratamento adicional com atrazine e a testemunha. O quinto experimento foi conduzido em Rio Verde e Montividiu, em blocos casualizados, em esquema fatorial fatorial $2 \times 3 \times 2$, sendo dois híbridos de sorgo granífero (Buster e BRS 330), três espaçamentos entrelinhas associados à adubação nitrogenada em cobertura (com e sem nitrogênio). Nos experimentos, foram avaliados os níveis de toxidez, as características agrônômicas, os componentes de rendimento e a produtividade de grãos da cultura. O sorgo granífero apresentou diferentes respostas de tolerância à associação dos herbicidas atrazine e tembotrione, devendo ser observados os híbridos semeados, a dose utilizada, o estádio de aplicação e as condições edafoclimáticas das regiões de cultivo. A redução dos espaçamentos e a adubação nitrogenada em cobertura para o favorecimento da competição interespecífica com plantas daninhas na região dos Cerrados são indicadas levando em consideração as características dos híbridos e a região de semeadura.

PALAVRAS-CHAVE: seletividade, fitointoxicação, sucessão de culturas, manejo cultural, *Sorghum bicolor*

GENERAL ABSTRACT

SANTOS, WEVERTON FERREIRA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (Goiano Federal Institute of Education, Science, and Technology), Rio Verde Campus, Goiás State (GO), Brazil. **Alternatives for weed management in graniferous sorghum in the Brazilian Cerrado region.** Advisor: Prof. Dr. Silva, Alessandro Guerra da. Coadvisor: Prof. Dr. Braz, Guilherme Braga Pereira.

Graniferous sorghum is one of the important crops sown for the succession of soybeans in the production of grains and forages. However, the weed chemical control operations in post-crop emergence are restricted due to herbicide scarcity. In this sense, this study aimed to evaluate the sorghum tolerance to atrazine and tembotrione association herbicides, and to establish strategies for weed management in crops. The experiments were carried out in the 2016, 2017, and 2018 off-season, and were clustered into five experiments. The first experiment was carried out in Rio Verde municipality, Goiás State (GO), Brazil, in 2016, and it was used randomized block design, four replicates, and 10x4 factorial scheme. The factors consisted of ten sorghum hybrids (AG 1085, Buster, BRS 380, BRS 332, DKB 540, DKB 550, Enforcer, 1G100, 50A10, and 50A70) associated with four tembotrione doses (0, 60, 120, 180 g a.i. ha⁻¹). The second experiment was carried out in 5x3 factorial scheme, consisting of five tembotrione doses (0, 60, 120, 180, and 240 g a.i. ha⁻¹) associated with atrazine (1,000 g a.i. ha⁻¹) and three sorghum hybrids (AG 1085, BRS 330, and Jade), using the same herbicide doses and eleven sorghum hybrids (BRS 330, BRS 380, DKB 540, DKB 590, Jade, MS 320, Ranchero, XB 6020, XB 6022, 80G20, and A 9904) in Montividiu and Santa Helena de Goiás municipalities, Goiás State (GO), Brazil. The third experiment was carried out in a randomized block design, 3x2+1

factorial scheme, corresponding to three vegetative stages of application (V_3 , V_5 , and V_7), two tembotrione herbicide doses (90 and 180 g a.i. ha^{-1}), and the control without herbicide, in Rio Verde and Montividiu (GO), for two consecutive years, 2017 and 2018 off-seasons. The fourth experiment was carried out in a randomized block design, $3 \times 2 + 1 + 1$ factorial scheme, three vegetative application stages (V_3 , V_5 , and V_7), two tembotrione herbicide doses (90 and 180 g a.i. ha^{-1}), an additional treatment with atrazine and the control treatment in Rio Verde and Montividiu (GO) in the 2018 off-season. The fifth experiment was carried out in a randomized block design, $2 \times 3 \times 2$ factorial scheme, two graniferous sorghum hybrids (Buster and BRS 330), three row spacings associated with topdressing nitrogen fertilization (with and without nitrogen) in Rio Verde and Montividiu (GO). In the experiments, the toxicity levels, agronomic characteristics, yield components, and the crop grain yield were evaluated. Graniferous sorghum showed different tolerance responses to the association of the atrazine and tembotrione herbicides; and the sown hybrids, the dose used, the application stage, and the edaphoclimatic conditions of the cultivation regions should be analyzed. It is proposed to reduce spacings and the nitrogen fertilization in cover to favor interspecific weed competition in the Cerrado region, taking into account the hybrid characteristics and the sowing region.

KEYWORDS: *Sorghum bicolor*. Crop succession. Cultural management. Phytointoxication. Selectivity

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 A cultura do sorgo granífero

O sorgo é uma planta de origem tropical com boa capacidade fotossintética, adaptada às mais variadas condições de fertilidade do solo, sendo tolerante a altas temperaturas e a déficit hídrico, razão pela qual é cultivado em ampla faixa de latitudes, mesmo em regiões com temperaturas elevadas, secas ou onde ocorrem veranicos (Andrade-Neto et al., 2010). Trata-se de uma gramínea comercial de verão muito utilizada nos Estados Unidos, Índia e alguns países da África, pelo seu elevado valor nutritivo, tanto para alimentação humana, como animal (Dahlberg et al., 2004).

É o quinto cereal mais cultivado no mundo, e o quarto no ranking de produção brasileira. Apresenta ampla versatilidade, podendo ser utilizado na alimentação humana e animal, servindo de matéria-prima para produção de álcool, bebidas alcoólicas, colas, tintas, vassouras, extração de açúcar, produção de amido e óleo comestível (Corder, 2014).

No Brasil, o sorgo é uma das culturas de grande importância para a produção de grãos na região dos Cerrados. No Centro-Oeste, apresenta amplo potencial para uso nos cultivos de safrinha, pois é possível a mecanização de todas as práticas culturais do agrossistema (Leal et al., 2013).

Além disso, tem sido indicado como alternativa viável de substituição ao milho na cultura de sucessão, tanto para formação de biomassa de recobrimento da superfície do solo essencial para a manutenção do sistema de plantio direto, quanto para a produção de grãos e silagem (Gontijo Neto et al., 2002; Silva et al., 2014; Menezes et al., 2014). Assim, tem crescido em importância do ponto de vista

econômico, pois a escassez do milho no mercado eleva a demanda pelo sorgo na fabricação de ração (Albuquerque et al., 2014).

A estimativa de produção mundial para a safra 2018 de sorgo é de 58,36 milhões de toneladas. Os maiores produtores mundiais são os Estados Unidos e a Nigéria. O Brasil ocupa a nona posição e apresenta uma produção destinada à alimentação de suínos, aves e bovinos. A área cultivada com sorgo no Brasil teve um crescente aumento a partir da década de 1990, 140,1 mil hectares e 236.250 toneladas, para área cultivada e produção, respectivamente, quando comparada com a safra de 2018, de uma área de 692,6 mil hectares, com produtividade média de 2.918 kg ha⁻¹ e produção total de 2 milhões de toneladas (Leal et al., 2013; Araújo Neto, 2014; Silva et al., 2015; Conab, 2019).

1.2 Controle químico de plantas daninhas no sorgo granífero

Um dos grandes entraves à expansão da cultura do sorgo tem sido a dificuldade no manejo de plantas daninhas em razão da sensibilidade dessa cultura aos herbicidas gramínicos comercializados no Brasil. Além disso, quando comparado à soja e ao milho, são poucas as informações de ocorrência e controle das plantas daninhas, o que tem refletido em prejuízos aos agricultores (Amim et al., 2010; Rizzardi et al., 2014a).

Em virtude das limitações de controle químico de plantas daninhas na cultura, verifica-se aumento da ocorrência de algumas espécies predominantes nos agrossistemas que envolvem o sorgo. Plantas daninhas monocotiledôneas como *Cenchrus echinatus*, *Eleusine indica* e outras dos gêneros *Cyperus*, *Digitaria* e *Urochloa* têm exercido influência direta na qualidade e produtividade final deste cereal na região dos Cerrados (Santos et al., 2016). Desta maneira, torna-se evidente a necessidade de avaliar novos princípios ativos com diferentes mecanismos de ação que possam ser usados no controle químico das plantas daninhas no sorgo (Galon et al., 2016).

Para a cultura do sorgo, há escassez de herbicidas para o controle de plantas daninhas em pré e em pós-emergência registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). No Brasil, o herbicida registrado para o sorgo é o atrazine. Porém, este herbicida controla principalmente plantas daninhas dicotiledôneas (folhas largas) e algumas gramíneas (folhas estreitas), o que favorece a infestação das

áreas de sorgo por gramíneas (Oliveira e Karam, 2012; Cunha et al. 2016; Machado et al., 2016).

A identificação de herbicidas graminicidas em pós-emergência seletivos ao sorgo é essencial para expansão das áreas de cultivo, bem como para o aumento da produtividade de grãos dessa cultura, que, no geral, é considerada baixa (Machado et al., 2016). Entre os herbicidas de ação graminicida e latifolicida com potencial para utilização em pós-emergência da cultura do sorgo, destacam-se os inibidores da biossíntese de carotenoides, principalmente os que inibem a enzima hydroxyphenylpyruvate dioxygenase (HPPD) (Miller e Regehr, 2002; Abit et al., 2009).

Tricetonas, isoxazole e pirazoles são exemplos de herbicidas que inibem a HPPD, que é responsável pela conversão do p-hidroximetilpiruvato a homogentisato. A partir desta conversão, ocorre a síntese de plastoquinona, e sua inibição dá início aos sintomas de branqueamento nas folhas após a aplicação. Estes sintomas resultam em inibição indireta da síntese de carotenoides pelo envolvimento da plastoquinona como cofator da fitoeno desaturase, que atua como precursor dos carotenoides (Sensemam, 2007; Taiz e Zeiger, 2013).

Na ausência dos carotenoides, que atuam como protetores evitando a foto oxidação da clorofila, ocorrem as cloroses que evoluem para necroses dos tecidos foliares. Desta forma, os herbicidas inibidores da HPPD promovem branqueamento nas folhas, ou “albinismo”, como resultado da degradação oxidativa da clorofila e das membranas fotossintéticas (Armel et al., 2003; Grossmann e Ehrhardt, 2007; Oliveira Júnior et al., 2011).

Entre as poucas alternativas de inibidores da HPPD, o tembotrione apresenta potencial de utilização no sorgo (Dan et al., 2010; Calvayrac et al. 2013). Todavia, é necessário enfatizar que este herbicida no Brasil é registrado para o milho e que nos Estados Unidos é mais comum sua utilização no milho doce e milho pipoca, com resultados satisfatórios de controle de plantas daninhas (Stephenson et al., 2015).

Apesar de ser uma cultura de grande destaque para a produção de grãos na região dos Cerrados, poucos são os estudos referentes à seletividade de herbicidas para os híbridos de sorgo adaptados a cada região de cultivo (Abit et al., 2009). Este fato reforça a importância e a necessidade da realização de novas pesquisas, já que o maior agravante para essa cultura é a dificuldade no controle de gramíneas invasoras (Archangelo et al., 2002).

1.3 Manejo cultural e adubação no sorgo granífero

Dada a limitação de herbicidas para o controle químico no sorgo, a busca por métodos que favoreçam ao manejo integrado de plantas daninhas nessa cultura é indispensável. Entre as poucas alternativas, o manejo cultural, associado a outras práticas, pode ser uma ferramenta importante. Este método visa ao aumento da capacidade competitiva das plantas de sorgo em relação às plantas daninhas. O aumento da população de plantas e a diminuição do espaçamento de semeadura podem ser considerados fatores de supressão das plantas daninhas, subsidiando o controle natural dessas espécies (Gomes e Karam, 2018).

Para isso, podem ser empregadas diferentes estratégias de manejo e semeadura como espaçamento reduzido entre as fileiras para proporcionar o fechamento mais rápido das entrelinhas, dimensionamento da população de plantas, época adequada de semeadura, variedades adaptadas às regiões de cultivo e biomassa seca na superfície do solo e adubações equilibradas (Albuquerque et al., 2011).

Com a redução do espaçamento entre linhas de semeadura, é possível maximizar a eficiência da interceptação de luz pelo aumento do índice foliar, mesmo nos estádios fenológicos iniciais, e melhorar o aproveitamento de água e nutrientes. Com isso, promove-se a redução da competição intraespecífica, aumentando a produção de biomassa e grãos (Molin, 2000).

Entretanto, para a cultura do sorgo, são reduzidas as operações necessárias para evitar a competição com plantas daninhas (Freitas et al., 2006). Desta forma, ocorrem mobilizações desnecessárias de controle mecânico, que geram elevados custos e redução na rentabilidade dos produtores (Ferreira et al., 2015).

Informações sobre o espaçamento entrelinhas mais adequado e sobre as populações de plantas são escassas, considerando a elevada disponibilidade de híbridos de sorgo comercializados na região dos Cerrados. Assim, torna-se necessário identificar um arranjo de plantas que proporcione fechamento rápido das entrelinhas, o que permitirá que a radiação solar, os nutrientes do solo e a água sejam mais eficientemente explorados pela cultura (Albuquerque et al., 2011).

A adubação nitrogenada em cobertura, associada ao arranjo ideal de plantas na semeadura, é estratégia favorável ao sorgo diante da competição interespecífica com plantas daninhas nas lavouras. Diferentemente do que muitos produtores entendem, a característica de rusticidade não confere ao sorgo autossuficiência nutricional. O oposto é verificado para cultura, pois o sorgo pode apresentar elevada exigência nutricional,

inclusive com responsividade positiva às adubações de cobertura, sobretudo quando se buscam altos índices de produtividade (Borges et al., 2016).

Um dos principais nutrientes exigidos pela cultura é o nitrogênio, que, no sorgo granífero, se acumula linearmente até a maturação. No entanto, as respostas às adubações de cobertura são variáveis, estando condicionadas, principalmente, ao material genético e à disponibilidade hídrica para a cultura (Mateus et al., 2011). O nitrogênio atua na constituição de proteínas e interfere diretamente no processo fotossintético pela sua participação na molécula de clorofila (Novais e Smith, 1999; Simili et al., 2008).

Para expressar o potencial produtivo, a cultura do sorgo requer o suprimento de suas exigências nutricionais, bem como o adequado dimensionamento da população de plantas e espaçamento das entrelinhas. Estes fatores devem estar em conformidade com as características genótípicas das plantas utilizadas em cada região ou área de cultivo (Hammer e Broad, 2003; Simili et al., 2008).

Os métodos de controle preventivo e cultural, associados ao adequado manejo e adubação nas áreas de sorgo, ainda são a principal ferramenta de controle das infestações das áreas de sorgo no Brasil. Estas técnicas podem ser os componentes essenciais para o manejo integrado das plantas daninhas nos agrossistemas que envolvem o sorgo, resultando em maiores produtividades de grãos e, conseqüentemente, de rentabilidade para o produtor rural.

1.4. Cultivo do sorgo na região dos Cerrados

O sorgo granífero é cultivado exclusivamente na safrinha, em sucessão à soja, na região dos Cerrados. Na época de sua semeadura, que ultimamente tem sido feita com maior frequência no mês de março, após este período, a irregularidade de precipitação pluviométrica prejudica ou impede o cultivo de outras gramíneas comerciais.

Mesmo havendo várias opções de cultivo, o sorgo é considerado ótima alternativa para uso na forma de grãos, forragem verde ou silagem (Silva et al., 2014). A crescente demanda de grãos de sorgo pelas agroindústrias tem contribuído para a consolidação desta cultura no Centro-Oeste (Silva et al., 2015).

Com a intensificação das atividades da pecuária de corte e do número de confinamentos de gado, aves e suínos na região Centro-Oeste, nota-se um aumento na

demanda por alimentos, visando ao suprimento dos animais, principalmente durante o período de entressafra. É importante ressaltar que, nos últimos anos, as empresas produtoras de sementes têm disponibilizado novos híbridos de sorgo para atender à crescente demanda pelo cultivo desse cereal na safrinha, ou seja, em sucessão à soja. Com isso, torna-se necessária a avaliação do desempenho de híbridos de sorgo, disponibilizando ao produtor novas informações que o auxiliarão na escolha do híbrido a ser cultivado nos sistemas de produção (Silva et al., 2015).

O sorgo é um dos componentes essenciais no manejo integrado de plantas daninhas na região dos Cerrados. Esta cultura propicia disponibilização de biomassa seca de recobrimento da superfície e libera compostos alelopáticos no solo, o que reduz a ocorrência das espécies infestantes.

Estudos conduzidos sobre a dinâmica populacional das plantas daninhas na região Sudoeste de Goiás confirmaram a baixa diversidade de espécies de plantas daninhas nos agrossistemas que envolvem o sorgo. Porém, foi constatado que, nas lavouras de sorgo, embora seja notada redução da diversidade, algumas espécies de gramíneas (*Cenchrus echinatus*, *Cyperus* sp., *Digitaria insularis*, *Digitaria sanguinalis*, *Pennisetum setosum*, *Rhynchelytrum repens* e *Urochloa* spp.) têm se tornado predominantes, o que aponta para uma limitação do controle de gramíneas (Santos et al., 2016).

Considerando esses resultados, esse trabalho teve o objetivo de propor alternativas para o controle de plantas daninhas na cultura do sorgo granífero na região dos cerrados. Foram desenvolvidos experimentos relacionados à tolerância do sorgo granífero ao tembotrione, envolvendo doses e estádios de aplicação, em condições ambientais distintas. Avaliou-se, também, o arranjo de plantas associado à adubação em cobertura como alternativa para o manejo cultural. Este conjunto de estratégias buscou apresentar proposições de manejo para diminuição da infestação de plantas daninhas nas lavouras de sorgo, buscando-se aprimorar os componentes de rendimento e a produtividade de grãos deste cereal, possibilitando, assim, maiores rentabilidades para o agricultor.

1.5 REFERÊNCIAS

- ABIT, J. M.; AL-KHATIB, K.; REGEHR, D. L.; TUINSTRAN, M. R.; CLAASSEN, M. M.; GEIER, P. W.; STAHLMAN, B. W.; GORDON, R. S. Currie Differential response of grain sorghum hybrids to foliar-applied mesotrione. **Weed Technology**, v. 23, n. 1, p. 28-33, 2009.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; MANTOVANI, E. C.; MENEZES, C. B. de; TARDIN, F. D.; FREITAS, R. S. de; MAY, A.; ZANDONADI, C. H. S. Sorgo granífero: manejo, colheita e armazenamento. **Informe Agropecuário**, v. 35, n. 278, p.41-48, 2014.
- ALBUQUERQUE, C. J.; PINHO, R. G.V.; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. DA S. MENDES, M. C. Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 278-285, 2011.
- AMIM; R.T; FREITAS, I. L. J.; HUZIWARA, E.; FREITAS, S. P.; OGLIARI, J.; PAES, H. M. F.; MILHEM, L. M. A. Fitossociologia na cultura do milho-pipoca em dois sistemas de plantio no norte fluminense; **Anais do XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**. Ribeirão Preto-SP, 2010.
- ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n. 2, p.124-130, 2010.
- ARAÚJO NETO, R. A.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SILVA, F. J.; ROCHA, A. E. Q.; FARIAS, J. J. A. Desenvolvimento do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.) forrageiro submetido a diferentes tipos e doses de adubação orgânica. **Ciência Agrícola**, v. 12, n. 1, p. 31-40, 2014.
- ARCHANGELO, E. R.; SILVA, J. B. DA; SILVA, A. A. DA; FERREIRA, L. R.; KARAM, D. Tolerância do sorgo forrageiro ao herbicida Primestra SC. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 2, p. 59-66, 2002.
- ARMEL, G. R.; WILSON, H. P.; RICHARDSON, R. J. Mesotrione combinations in no-till corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, v. 17, n. 3, p. 111-116, 2003.
- BORGES, I. D.; FRANCO, A. A. N.; KONDO, M. K.; MARTINS, D. C.; TEIXEIRA, E. C.; MOREIRA, S. G. Acúmulo de macronutrientes na cultura do sorgo granífero na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 294-304, 2016.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Análise mensal de mercado. **Boletim Informativo**, v. 6, n. 1, p. 1-45, 2019.
- CORDER, L. M. Sorgo: perspectivas para a agropecuária. **Perspectivas Agropecuárias**, v. 2, p. 1-155, 2014.
- CUNHA, N. C.; VIDAL, V. M.; SILVA, N. F.; SOARES, F. A. L.; BATISTA, P. F.; SANTOS, M. A.; MORAIS, W. A. e TEIXEIRA, M. B. Seletividade do herbicida tembotrione à cultura do sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n. 2, p. 281-293, 2016.

- DAHLBERG, J. A.; BURKE, J. J.; ROSENOW, D. T. Development of a sorghum core collection: refinement and evaluation of a subset from Sudan. **Economic Botany**, v. 58, n. 4, p. 556-567, 2004.
- DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; DAN, L. G. M.; PROCÓPIO, S. O.; FERREIRA FILHO, W. C.; MENEZES, C. C. E. Tolerância do sorgo granífero ao herbicida tembotrione. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 615-620, 2010.
- FERREIRA, E. A.; MATOS, C. C.; BARBOSA, E. A.; MELO, C. A. D.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B. Aspectos fisiológicos de soja transgênica submetida à competição com plantas daninhas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 115-121, 2015.
- FREITAS, S. P.; RODRIGUES, J. C.; SILVA, C. M. M. Manejo de plantas daninhas no plantio direto da soja (*Glycine max*) sobre o milheto (*Pennisetum maximum*). **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 481-487, 2006.
- GOMES, T. C.; KARAM, D. Dinâmica populacional de plantas daninhas em áreas com sorgo sacarino e granífero com diferentes espaçamentos e densidades de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 3, p. 390-399, 2018.
- GONTIJO NETO, M. M. G.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; CÂNDIDO, M. J. D.; MIRANDA, L. F. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) cultivados sob níveis crescentes de adubação. Rendimento, proteína bruta e digestibilidade in Vitro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1640-1647, 2002.
- GROSSMANN, K.; EHRHARDT, T. On the mechanism of action and selectivity of the corn herbicide topramezone: a new inhibitor of 4- hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. **Pest Management Science**, v. 63, n. 3, p. 429-439, 2007.
- HAMMER, G. L.; BROAD, I. J. Genotype and environment effects on dynamics of harvest index during grain filling in sorghum. **Agronomy Journal**, v. 95, n. 1, p. 199-206, 2003.
- LEAL, S. T.; T. M. A. A.; GOES, R. J.; TAKASU, A. T.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; ROSSETTO, J.E.; LEAL, C.T. Análise econômica da produção de sorgo na safrinha com diferentes fontes de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 85-91, 2013.
- MACHADO, F. G.; JAKELAITIS, A.; GHENO, E. A.; OLIVEIRA JÚNIOR., R. S. DE; RIOS, F. A.; FRANCHINI, L. H. M.; LIMA, M. S. Performace de herbicidas para o controle de plantas daninhas no sorgo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 3, p. 281-289, 2016.
- MATEUS, P. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F DA S. Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasília**. v. 46, n. 10, p. 1161-1169, 2011.

- MENEZES, C. B.; CARVALHO JÚNIOR, G. A. DE; SILVA, L. A.; Bernardino, K. C.; Souza, V. F.; Tardin, F.D.; Schaffert, R.E. Combining ability of grain sorghum lines selected for aluminum tolerance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, n. 1, p. 42-48, 2014.
- MILLER, J. N.; REGEHR, D. L. Grain sorghum tolerance to postemergence mesotrione applications. **Weed Science**, v. 57, n. 2, p. 136-143, 2002.
- MOLIN, R. **Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho**. Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, Castro, p. 1-2, 2000.
- NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.
- OLIVEIRA, M. F.; KARAM, D. Plantas daninhas. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). Cultivo do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo, **Sistemas de produção**, 2012. 4p.
- RIZZARDI, M. A.; KARAM, D.; CRUZ, M. B. Manejo e controle de plantas daninhas em milho e sorgo. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.) **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004a. p. 571-594.
- SANTOS, W. F.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. G.; FERNANDES, M.F.; BARROSO, A. L. L. Weed phytosociological and floristic survey in agricultural areas of southwestern Goiás region. **Planta Daninha**, v. 34, n. 1, p. 65-80, 2016.
- SILVA, A. G.; FRANCISCHINI, R.; GOULART, M. M. P. Desempenho agrônômico e econômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em Montividiu-GO. **Revista da Agricultura**, v. 90, n. 1, p.17 - 30, 2015.
- SILVA, A. G.; MORAES, L. E.; HORVATHY NETO, A.; TEIXEIRA, I. R.; SIMON, G. A. Consórcio sorgo e braquiária na entrelinha para produção de grãos, forragem e palhada na entressafra. **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, p. 697-705, 2014.
- SIMILI, F. F.; REIS, R. A.; FURLAN, B. N.; PAZ, C. C. P.; LIMA, M. L. P.; BELLINGIERI, P. A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 474-480, 2008.
- STEPHENSON, D. O., BOND, J. A., LANDRY, R. L., EDWARDS, H. M. Weed management in corn with postemergence applications of tembotrione or thiencazone: tembotrione. **Weed Technology**, v. 29, n. 3, p. 350-358, 2015.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed., Artmed, 2013. 918 p.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Estabelecer métodos para o manejo das plantas daninhas na cultura do sorgo granífero para o aprimoramento dos sistemas de cultivo na região dos Cerrados.

2.2. Objetivos específicos

- Analisar a tolerância de híbridos de sorgo granífero submetidos à associação em mistura dos herbicidas atrazine e tembotrione na região Sudoeste de Goiás.
- Definir a dose máxima do herbicida tembotrione em associação com atrazine para ser utilizada na cultura do sorgo granífero.
- Estabelecer os estádios fenológicos de aplicação da associação dos herbicidas atrazine e tembotrione no sorgo.
- Avaliar o desempenho agrônômico do sorgo granífero semeado em diferentes arranjos de plantas, associado à responsividade da cultura à adubação nitrogenada em cobertura, para favorecimento na competição interespecífica com plantas daninhas.

3. CAPÍTULO I

DOSES DE TEMBOTRIONE EM HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO NA SAFRINHA

TEMBOTRIONE DOSE IN GRANIFEROUS SORGHUM HYBRIDS IN THE OFF-SEASON CROP

RESUMO - Ausência de herbicida gramínico a ser aplicado em pós-emergência na cultura do sorgo tem limitado o manejo de plantas daninhas. Nesse sentido, este estudo teve o objetivo de avaliar a tolerância de híbridos de sorgo granífero ao tembotrione. O experimento foi conduzido na safrinha de 2016, em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 10 x 4, constituído por dez híbridos de sorgo (AG 1085, Buster, BRS 380, BRS 332, DKB 540, DKB 550, Enforcer, 1G100, 50A10 e 50A70) e quatro doses de tembotrione (0, 60, 120, 180 g i.a ha⁻¹), associadas a atrazine. Foram avaliados a fitointoxicação, a altura das plantas, o diâmetro do colmo e a biomassa seca. Os híbridos de sorgo apresentaram diferentes respostas de tolerância à utilização do tembotrione. Os resultados obtidos permitiram constatar que, aos 7 e 14 DAA, ocorreram os maiores sintomas de necrosamento. As injúrias foram acentuadas conforme o aumento das doses do tembotrione. Os maiores percentuais de fitointoxicação foram registrados aos 14 DAA. Aos 21 e 28 DAA, houve recuperação das plantas de sorgo. Os herbicidas não influenciaram na altura de plantas, diâmetro do colmo e biomassa seca.

PALAVRAS-CHAVE: seletividade, herbicida, gramíneas

ABSTRACT - The shortage of a graminicidal herbicide to be applied in sorghum culture post-emergence has limited the weed management. In this sense, this study aimed to evaluate the sorghum hybrid tolerance to tembotrione. The experiment was carried out in randomized block design, four replicates, 10x4 factorial scheme, consisting of ten sorghum hybrids (AG 1085, Buster, BRS 380, DKB 540, DKB 550, Enforcer, 1G100, 50A10, and 50A70) and four tembotrione doses (0, 60, 120, and 180 g a.i. ha⁻¹) associated with atrazine in the second harvest crop of 2016. Phytointoxication, plant height, stem diameter, and dry biomass were evaluated. Sorghum hybrids showed different tolerance responses to tembotrione use. Results showed that the major symptoms of necrosis occurred at 7th and 14th Days After Application (DAA). The damages were worsen as tembotrione doses were increased. The highest phytointoxication percentages were recorded at 14th DAA. At 21st and 28th DAAs, sorghum plant recovery was found. Herbicides have not influenced plant height, stem diameter, and dry biomass.

KEYWORDS: Grasses. Herbicide. Selectivity.

KEYWORDS: selectivity, herbicide, grasses

3.1 INTRODUÇÃO

Para algumas regiões do Brasil, nota-se uma crescente demanda por culturas que possam servir de matéria-prima para o arração animal em períodos de estiagem. O sorgo se apresenta como alternativa viável pelo seu potencial produtivo e sua capacidade de suportar déficits hídricos e elevadas temperaturas por um período maior, quando comparado com outras gramíneas comerciais (Andrade Neto et al., 2010).

Entretanto, alguns fatores têm limitado a expansão do cultivo deste cereal no Brasil, entre eles, a ausência do registro de um graminicida seletivo que possa ser aplicado em pós-emergência (Dan et al., 2010). Na cultura do sorgo, são registrados os herbicidas do grupo das triazinas, destacando-se a atrazine e o 2,4-D amina, utilizados

para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas (folhas largas) e algumas monocotiledôneas (folhas estreitas) (Cunha et al., 2016). Neste sentido como já destacado, um dos principais entraves na cultura do sorgo é o controle de gramíneas (Oliveira & Karam, 2012).

Quando comparado com estudos feitos em outras culturas, são poucas as informações disponíveis sobre a ocorrência de plantas daninhas e o controle químico da infestação em sistemas que envolvem o cultivo do sorgo (Rizzardi et al., 2004). No Sudoeste de Goiás, como em outras regiões do país, é notável o aumento da ocorrência de gramíneas nos agrossistemas semeados com sorgo.

Além disso, verifica-se nas lavouras de sorgo constante ocorrência de espécies, como o timbete (*Cenchrus echinatus*), capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*), capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e capim-braquiária (*Urochloa* spp.) (Santos et al., 2016). Este fato reforça a necessidade de uma alternância dos mecanismos de ação dos herbicidas, diversificando as técnicas de controle para reduzir a seleção de biótipos resistentes aos mecanismos de ação dos herbicidas (Norsworthy et al., 2012).

A ocorrência de plantas daninhas, ainda que em baixa diversidade, tem causado menor produção de biomassa, refletindo-se na produtividade de grãos e na qualidade nutricional do sorgo (Embrapa, 2008). Como em qualquer outra cultura, a competição interespecífica pode interferir negativamente na produtividade de grãos. A convivência das plantas daninhas com o sorgo granífero durante as quatro primeiras semanas após a emergência pode promover reduções na produtividade de grãos (Tamado et al., 2002; Cabral et al., 2013).

Entre as poucas alternativas de herbicida com espectro sobre gramíneas, o tembotrione apresenta potencial de utilização no sorgo. Esse herbicida é registrado para o milho, apresentando resultados satisfatórios no controle da infestação de plantas daninhas nessa cultura (Constantin et al., 2006).

Nos últimos anos, as empresas produtoras de sementes de sorgo têm disponibilizado novos híbridos para atender à crescente demanda pelo cultivo desse cereal na safrinha. Com a intensificação das atividades da pecuária de corte e de confinamentos de gado, aves e suínos na região Centro-Oeste, nota-se um aumento na demanda por alimentos para o suprimento dos animais, principalmente durante o período de escassez de forragem (Silva et al., 2014).

Apesar de ser uma cultura de grande destaque para a produção de grãos no Cerrado, são poucos os estudos referentes ao controle de plantas daninhas e à

seletividade dos herbicidas para o sorgo (Abit et al., 2009; Dan et al., 2010). Este fato reforça a importância de estudos regionalizados de acordo com os híbridos disponíveis no mercado para cada região de semeadura (Archangelo et al., 2002; Dan et al., 2012).

Cabe ressaltar que estão disponíveis no mercado muitos materiais para semeadura nas lavouras de sorgo em segunda safra. Contudo, esses materiais têm características genótípicas distintas, o que pode resultar em diferentes respostas de tolerância à associação dos herbicidas atrazine e tembotrione. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a tolerância híbridos de sorgo granífero em Rio Verde-GO ao tembotrione associado ao atrazine

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Rio Verde, GO (17°47'22'' S e 50°57'41'' O, 770 m de altitude) de março e julho de 2016, após a colheita da soja. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é tropical (Aw), com período seco no inverno e concentração de chuvas no verão. As médias anuais de precipitações de chuva e temperatura são de 1.500 mm e 23°C, respectivamente (Cardoso et al., 2015). Os dados climatológicos do período de condução do experimento estão representados na Figura 1.

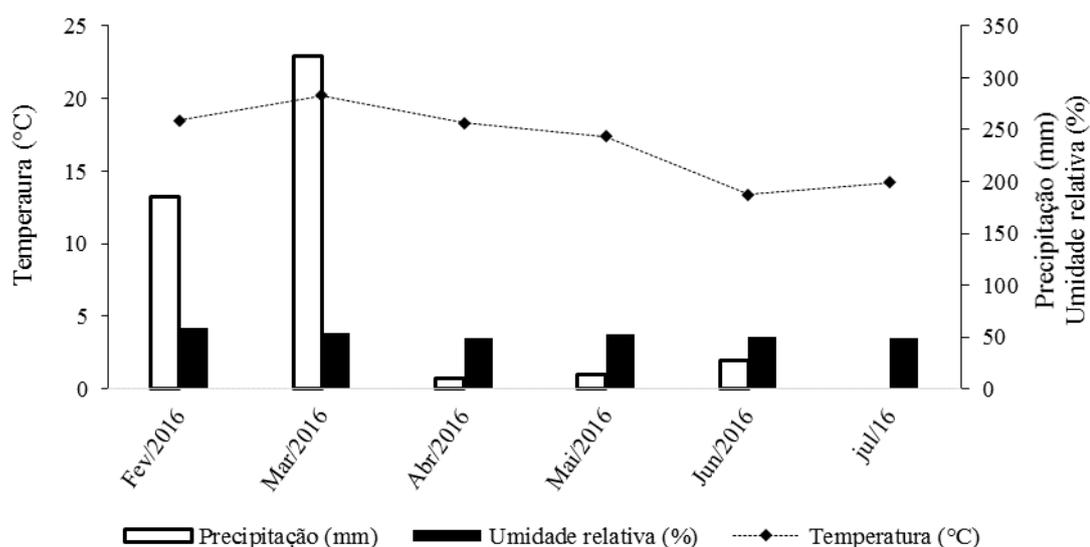


Figura 1. Dados climatológicos no período de condução do experimento. Rio Verde-GO, 2016.

O solo da área do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Led) (Santos et al., 2018). Amostras de solo foram obtidas na camada de 0 a 20 cm para determinação da fertilidade. Os resultados foram: pH em CaCl₂: 5,7; Ca, Mg, K, Al, H+Al, CTC e SB: 1,2; 0,9; 1,2; 0,4; 5,7; 8,1 e 2,4 em cmol_c dm⁻³, respectivamente; P: 2,8 mg dm⁻³; Cu, Zn, Fe e Mn: 2,0; 7,5; 80,0 e 30,8 em mg dm⁻³, respectivamente; matéria orgânica: 35,9 g dm⁻³; argila, silte e areia: 530; 150 e 320 g kg⁻¹, respectivamente, pertencente à classe textural argilosa.

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições em esquema fatorial 10 x 4. O primeiro fator foi constituído por dez híbridos de sorgo granífero (AG 1085, Buster, BRS 380, BRS 332, DKB 540, DKB 550, Enforcer, 1G100, 50A10 e 50A70), enquanto o segundo fator correspondeu a quatro doses de tembotrione (Soberan[®]) (0, 60, 120, 180 g i.a. ha⁻¹), em associação com atrazine (Atrazinax[®] - 1.000 g i.a. ha⁻¹). Na preparação da calda, foi adicionado 0,1% do éster metílico de óleo de soja (Áureo[®]).

A semeadura foi feita manualmente na primeira quinzena de março, e as populações de plantas, estabelecidas conforme recomendação das empresas produtoras de sementes. As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas espaçadas de 0,5 m, com seis metros de comprimento, perfazendo uma área total de 12 m² e área útil de 5 m², formada pelas duas linhas centrais, desconsiderando meio metro das extremidades. Para assegurar o desenvolvimento da cultura livre da interferência de plantas daninhas, todas as unidades experimentais foram capinadas, deixando as plantas de sorgo expostas apenas ao efeito dos herbicidas.

As aplicações dos herbicidas foram feitas quando o sorgo estava com seis folhas completamente expandidas. Foi utilizado um pulverizador costal pressurizado a CO₂, munido de barra com quatro pontas Teejet XR 110.02, leque duplo com indução de ar, espaçados em 0,5 m, com pressão de 2 kgf/cm⁻² e volume de calda de 150 L ha⁻¹. As condições climáticas registradas durante a aplicação dos herbicidas foram: temperatura média de 23°C, velocidade média do vento de 3,5 m/s⁻² e umidade relativa do ar média de 58,7%.

A intoxicação nas plantas de sorgo foi avaliada na folha mais nova, utilizando a escala de notas da European Weed Research Council (EWRC, 1964). Além disso, foram atribuídas notas percentuais, determinando a intensidade de injúrias observadas na cultura pela metodologia proposta pela SBCPD, em que 0 representa nenhum dano à

cultura e 100%, morte de todas as plantas (Velini et al., 1995). As avaliações foram feitas aos 2, 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas.

As avaliações das características agronômicas foram feitas na área útil da parcela, 120 dias após a emergência do sorgo. Foram avaliados a altura de plantas, medindo a distância do colo à extremidade da panícula, e o diâmetro de colmo na inserção da última folha. Após as medições, as plantas do sorgo foram coletadas para determinação da biomassa seca da parte aérea por secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C por 72 h. Os dados de altura de plantas, diâmetro do colmo e biomassa seca foram obtidos da média de cinco plantas escolhidas aleatoriamente no centro na área útil das parcelas.

Foram obtidas as médias das notas das repetições das avaliações visuais da escala da EWRC (1964) em que 1 significa nenhum dano; 2, descoloração, deformação em algumas plantas; 3, descoloração, deformação em muitas plantas; 4, forte descoloração (amarelecimento); e 5, necrosamento (queima) de algumas folhas em especial nas margens, acompanhado de deformação em folhas e brotos.

Os resultados referentes aos níveis de fitointoxicação foram transformados conforme a expressão $(\sqrt{x+1})$, seguindo os pressupostos da análise de variância para homogeneização dos dados, tendo sido, posteriormente, submetidos à análise pelo teste F a 5% de significância. Na detecção de efeito significativo para os híbridos, foram aplicados o teste de Tukey e a análise de regressão para comparação das médias dos tratamentos a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram processadas com auxílio do software estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, na utilização de atrazine de forma isolada, os híbridos de sorgo não apresentaram sintomas de intoxicação (Tabela 1).

Tabela 1. Médias das notas das avaliações visuais e dos percentuais de toxidez dos híbridos de sorgo granífero submetidos a doses de tembotrione. Rio Verde-GO. Safrinha de 2016.

Herbicida (g. ha ⁻¹)	Híbrido	--- Dias após a aplicação ---				
		2	7	14	21	28
Atrazine (1000)	AG1085	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Atrazine (1000)	BRS 332	1,75	1,00	1,00	1,00	1,00
Atrazine (1000)	BRS 380	1,75	1,00	1,25	1,00	1,00
Atrazine (1000)	Buster	1,25	1,00	1,00	1,00	1,00
Atrazine (1000)	DKB540	2,00	1,00	1,25	1,00	1,00
Atrazine (1000)	DKB550	1,75	1,00	1,25	1,00	1,00
Atrazine (1000)	Enforcer	1,50	1,00	1,00	1,25	1,00
Atrazine (1000)	1G100	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Atrazine (1000)	50A10	1,75	1,00	1,00	1,00	1,00
Atrazine (1000)	50A70	1,75	1,25	1,00	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 60)	AG1085	2,75	4,50	3,75	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 60)	BRS 332	2,50	4,25	3,00	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 60)	BRS 380	3,00	4,50	2,75	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 60)	Buster	3,00	5,00	4,25	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 60)	DKB540	2,75	4,75	4,00	1,25	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 60)	DKB550	3,25	5,00	3,75	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 60)	Enforcer	3,00	5,00	2,25	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 60)	1G100	3,00	5,00	4,25	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 60)	50A10	3,00	5,00	4,25	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 60)	50A70	2,75	5,00	3,00	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 120)	AG1085	2,75	5,00	5,00	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 120)	BRS 332	3,00	5,00	4,25	1,00	1,50
Atrazine + tembotrione (1000 + 120)	BRS 380	3,00	5,00	4,00	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 120)	Buster	3,00	5,00	3,25	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 120)	DKB540	2,75	5,00	4,50	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 120)	DKB550	2,75	5,00	3,75	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 120)	Enforcer	3,00	5,00	3,75	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 120)	1G100	2,75	4,50	4,00	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 120)	50A10	2,75	5,00	4,50	1,25	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 120)	50A70	2,50	5,00	4,00	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	AG1085	3,00	5,00	5,00	1,25	1,50
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	BRS 332	2,75	5,25	5,00	1,25	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	BRS 380	2,75	5,00	4,50	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	Buster	3,00	5,25	3,50	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	DKB540	3,00	5,00	4,25	1,00	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	DKB550	2,75	5,00	5,00	1,50	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	Enforcer	3,00	5,00	5,00	1,50	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	1G100	3,00	5,00	5,00	1,25	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	50A10	3,00	5,00	5,00	1,50	1,00
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	50A70	2,75	5,00	4,25	1,50	1,50

A utilização de atrazine isoladamente resultou em poucas alterações, com o amarelecimento em algumas folhas que foram enquadradas em baixos percentuais de comprometimento das plantas. Na utilização de tembotrione (60 g i.a. ha⁻¹) aos 7 DAA, foram constatadas cloroses, queimas das folhas e necrosamento, com atribuição da nota 5 aos híbridos, com exceção do BRS 332. Nesta mesma avaliação o híbrido 1G100 apresentou-se como o mais suscetível aos herbicidas, com comprometimento das plantas de 32%. Por outro lado, o 50A10 foi mais tolerante em relação aos demais, com média de fitotoxidez de 18%.

A inibição da síntese de carotenoides, causada pela ação do herbicida, leva à decomposição da clorofila pela luz, como resultado há perda da fotoproteção fornecida pelos carotenoides. Esse fato resulta na degradação oxidativa da clorofila e, em casos mais extremos, na oxidação das membranas celulares (Grossmann e Ehrhardt, 2007). Estas injúrias foram verificadas nas avaliações aos 7 e 14 DAA. Nas avaliações subsequentes, verificou-se que as folhas jovens foram emitidas sem sintomas de toxidez, sendo atribuídas a nota 1. Cabe ressaltar que os híbridos avaliados apresentaram diferentes taxas de recuperação.

Na utilização de atrazine + tembotrione (100 + 120 g i.a. ha⁻¹) aos 2 DAA, foi observada descoloração das folhas (nota 3), que evoluiu para o necrosamento do tecido foliar na avaliação aos 7 DAA. Nessa época, os híbridos apresentaram percentuais médios de toxidez acima dos 30%, com exceção do BRS 332. As injúrias ocasionadas por esta dose permaneceram acentuadas até os 14 DAA, valendo destacar que, após esse período, as folhas jovens foram emitidas sem injúrias.

Na dose de atrazine + tembotrione (1000 + 180 g i.a. ha⁻¹), as injúrias foram mais visíveis aos 7 e 14 DAA e atribuídas as maiores notas da escala, notas 5 e 4, respectivamente. O menor percentual foi registrado para o híbrido 50A70, ao contrário do BRS 332, para o qual foi registrado o maior.

A tolerância ao tembotrione foi verificada mesmo na dose mais elevada. Apesar de atingir maiores percentuais de fitointoxicação, foi constatada recuperação das plantas de sorgo nas avaliações posteriores (21 e 28 DAA), com emissão de folhas jovens sem injúrias ou sintomas (Figura 2).



Figura 2. Injúrias e sintomas resultantes da aplicação de atrazine + tembotrione 180 g i.a. ha⁻¹, Rio Verde-GO, safrinha de 2016.

Os resultados permitiram observar ausência de interações para as variáveis de níveis de fitointoxicação. Foi constatada significância dos efeitos isolados para híbridos e doses dos herbicidas (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância dos dados de fitointoxicação e características agrônômicas de híbridos de sorgo granífero, Rio Verde-GO, 2016. AP: altura de plantas, DC: diâmetro do colmo, BS: biomassa seca da parte aérea.

Fonte de variação	GL	--- Fitointoxicação (DAA) ---					--- Características agrônômicas ---		
		2	7	14	21	28	AP	DC	BS
		Quadrados médios							
Bloco	3	0,11	0,622	3,29	1,54	0,86	49,23	95,80	647,29
Híbrido (H)	9	0,61**	0,31 ^{ns}	1,52**	2,07**	0,5*	143,03 ^{ns}	8,38 ^{ns}	1.698,3 ^{ns}
Dose (D)	3	42,95**	219,76**	116,88**	46,58**	25,71**	88,72 ^{ns}	4,86 ^{ns}	2.282,3 ^{ns}
H x D	27	0,21 ^{ns}	0,377 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,25 ^{ns}	71,31 ^{ns}	4,81 ^{ns}	1.152,4 ^{ns}
Resíduo	117	0,18	0,52	0,56	0,47	0,22	87,32	6,15	1.398,47
C.V. (%)		16,4	15,75	19,11	20,44	18,6	10,46	19,77	40,84
Média		6,75	24,58	17,05	11,85	6,36	89,32	12,53	91,56

^{ns}: não significativo. ** e * significativo a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste de F.

Já para as características agrônômicas não ocorreram significâncias para altura de plantas, diâmetro do colmo e biomassa seca da parte aérea das plantas de sorgo. Aos 2 DAA, o híbrido 1G100 foi mais suscetível aos herbicidas, diferindo dos híbridos AG 1085, DKB 540 e 50A70 (Tabela 3).

Tabela 3. Médias dos percentuais de fitointoxicação dos híbridos de sorgo granífero avaliados em Rio Verde - GO, 2016.

Híbridos	--- Fitointoxicação % (DAA) ---				
	2	7	14	21	28
AG 1085	5,31 b	25,37 a	17,31 ab	12,75 abc	6,12 ab
BRS 332	7,93 ab	25,00 a	16,43 ab	11,56 abc	6,06 ab
BRS 380	7,50 ab	24,87 a	16,37 ab	8,62 bc	5,68 ab
Buster	5,93 ab	24,12 a	16,87 ab	12,25 abc	7,12 ab
DKB 540	5,43 b	25,12 a	16,62 ab	10,62 bc	5,68 ab
DKB 550	6,00 ab	24,31 a	18,00 a	10,25 ab	5,31 b
Enforcer	7,06 ab	25,25 a	18,75 a	14,43 ab	8,68 a
1G100	9,68 a	26,62 a	20,18 a	16,87 a	6,75 ab
50A10	6,81 ab	21,56 a	10,37 b	8,37 c	5,62 ab
50A70	5,81 b	23,56 a	19,62 a	12,81 abc	6,56 ab

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados de fitointoxicação aos 7 DAA não foram significativos. Com o decorrer do tempo, constatou-se aumento da fitointoxicação. Os maiores percentuais de toxidez foram registrados nesta avaliação. Constatou-se que o híbrido 50A10 foi o mais tolerante aos herbicidas, pois apresentou percentuais de toxidez estatisticamente inferiores aos híbridos DKB 550, Enforcer, 1G100 e 50A70. Os híbridos DKB 550, Enforcer, 1G100 e 50A70 apresentaram resultados semelhantes, sendo sensíveis aos herbicidas, diferindo do híbrido 50A10.

Aos 21 e 28 DAA, foi constatada recuperação das plantas de sorgo, com redução dos sintomas nas folhas jovens. Os híbridos de sorgo apresentaram respostas distintas quanto aos percentuais de fitointoxicação. O híbrido DKB 540 apresentou maior tolerância para utilização da associação dos herbicidas atrazine e tembotrione, tendo apresentado menores taxas de toxidez em relação aos demais aos 28 DAA, sendo, portanto, o mais tolerante do ponto de vista visual.

Os coeficientes dos modelos ajustados nas regressões lineares apontaram para um aumento da intoxicação das plantas conforme o incremento da dose de herbicida utilizada (Figuras 3).

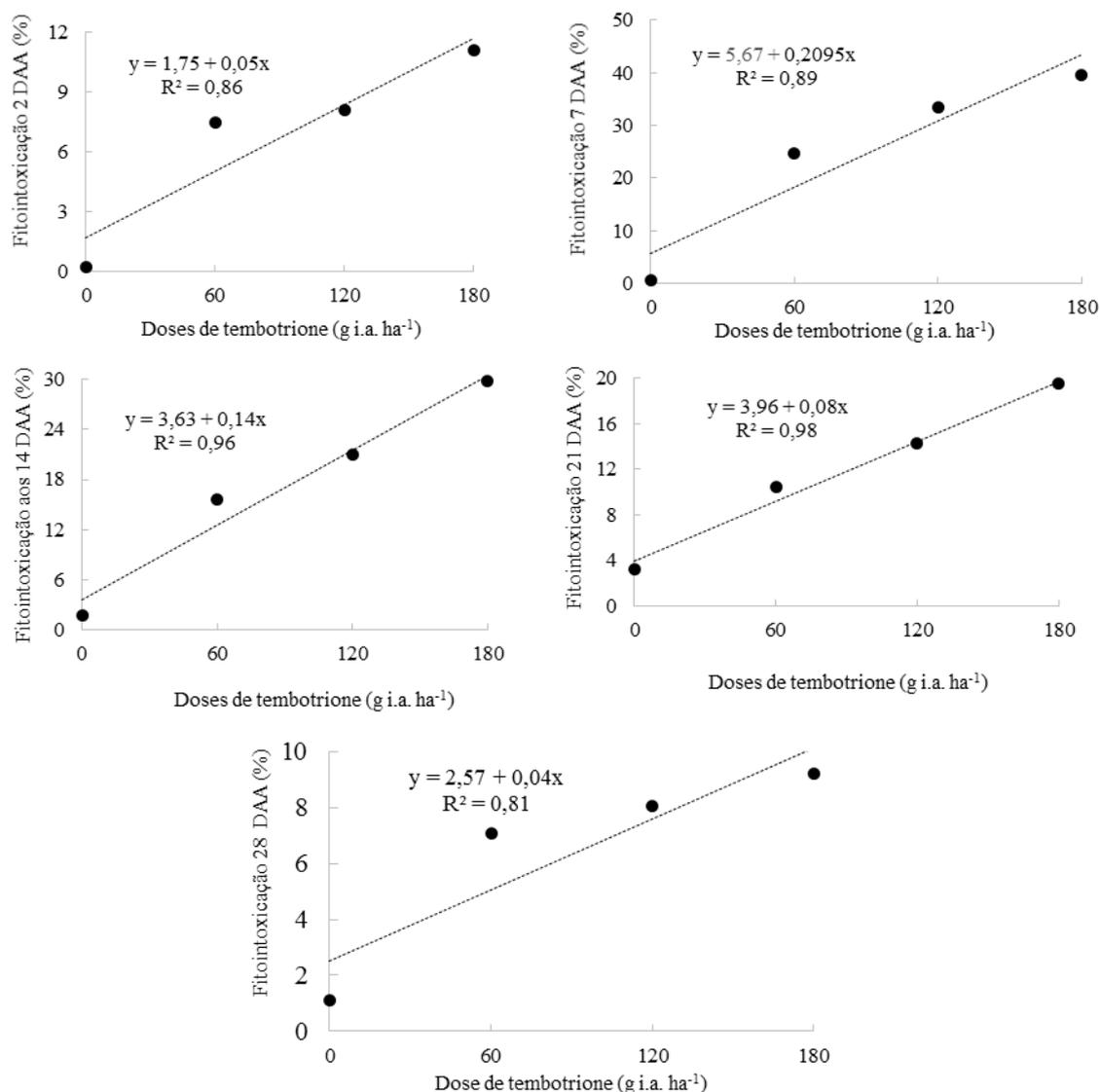


Figura 3. Percentuais de toxidez de híbridos de sorgo pela aplicação de tembotrione, Rio Verde-GO, 2016.

Os menores percentuais foram registrados na utilização de atrazine isoladamente. Este resultado era previsto devido à tolerância do sorgo a este herbicida. Já os maiores percentuais de toxidez foram registrados na maior dose de atrazine + tembotrione (100 + 180 g i.a. ha⁻¹), com média de 40% aos 7 DAA (Figura 3). Porém, com o passar do tempo, as plantas de sorgo se recuperaram, havendo redução gradativa da fitointoxicação. Essa mesma dose aos 28 DAA teve o percentual de comprometimento das plantas de sorgo reduzido para 9% (Figura 3).

Aos 14 e 21 DAA, nota-se redução dos níveis de intoxicação do sorgo em relação à avaliação feita aos 7 DAA, mas com aumento das injúrias, em função da dose utilizada.

Observou-se, portanto, diminuição acentuada da fitointoxicação aos 28 DAA nas doses de 60, 120 e 180 g i.a. ha⁻¹ de atrazine + tembotrione, tendo sido registrados 7, 8 e 9% de média, respectivamente, Figura 3, com amarelecimento de algumas folhas e ausência de sintomas nas folhas jovens. Esses resultados podem estar associados às condições climáticas durante a condução do experimento. Ressalta-se que a ausência de chuva pode ter dificultado a translocação das moléculas dos herbicidas no interior das plantas de sorgo (Figura 1). Normalmente, a molécula do tembotrione é translocada em meio aquoso na via apoplástica, alcançando rapidamente os cloroplastos (Constantin et al., 2006).

Aos 28 DAA, os híbridos DKB 550 e Enforcer apresentaram diferenças de tolerância aos herbicidas, mas não apresentaram diferenças estatísticas em relação aos demais no quesito médias de toxidez, que, no final das avaliações, foram reduzidas (Tabela 3).

Pode-se afirmar que a seletividade pode estar relacionada ao estágio de aplicação dos herbicidas, ou seja, quando o sorgo estava com seis folhas totalmente desenvolvidas. Sabe-se que plantas de sorgo em estádios mais avançados de desenvolvimento apresentam maior tolerância à ação do tembotrione (Dan et al., 2010).

Os resultados de fitointoxicação deste estudo foram inferiores aos registrados com o herbicida mesotrione que tem mecanismo de ação semelhante ao tembotrione (Miller e Regehr, 2002; Abit et al., 2009). Estudos conduzidos nos Estados Unidos e Canadá mostraram que aplicações em pós-emergência de tembotrione em mistura com atrazine na cultura no milho aumentaram o controle de plantas daninhas em 45% em relação ao atrazine de forma isolada, entre as quais, eram comuns nas áreas as espécies *Digitaria sanguinalis*, *Panicum miliaceum*, *Chenopodium album* e *Abutilon theophrasti* (Williams et al., 2011).

Sugere-se que o estágio da aplicação dos herbicidas, associado ao déficit hídrico verificado no ano deste estudo, justifique a não significância das variáveis altura de plantas, diâmetro do colmo e massa seca.

Tabela 4. Médias das variáveis altura de plantas, biomassa seca e diâmetro do colmo de híbridos de sorgo granífero submetidos a doses do tembotrione. Rio Verde-GO, 2016.

Híbrido	Altura de plantas (cm)	Diâmetro do colmo (mm)	Massa seca (g)
AG 1085	88,9	12,8	96,3
BRS 332	88,4	12,1	82,5
BRS 380	93,2	12,9	90,0
Buster	85,9	13,2	83,1
DKB 540	87,8	11,6	81,9
DKB 550	83,9	12,2	88,4
Enforcer	91,0	12,8	111,6
1G100	89,5	12,8	101,6
50A10	92,2	11,3	80,9
50A70	92,5	13,6	99,4

Tabela 5. Médias das variáveis altura de plantas, biomassa seca e diâmetro do colmo em relação a doses do tembotrione. Rio Verde-GO, 2016.

Médias	--- Dose de tembotrione (g i.a. ha ⁻¹) ---			
	0	60	120	180
	Altura de plantas (cm)			
\hat{y}	88,3	88,9	88,5	91,5
\bar{y}	87,9	88,9	89,8	90,7
	Massa seca (g)			
\hat{y}	99,9	81,6	91,4	93,4
\bar{y}	93,0	92,1	91,1	90,1
	Diâmetro do colmo (mm)			
\hat{y}	12,9	12,6	12,6	12,1
\bar{y}	12,9	12,7	12,4	12,2

\hat{y} : média observada e \bar{y} média estimada.

As médias dessas variáveis, com exceção dos diâmetros de colmo, permaneceram com valores baixos para os híbridos avaliados. A baixa precipitação durante o desenvolvimento das plantas pode ter refletido negativamente no porte e no acúmulo de biomassa seca das plantas. Pode-se inferir que o estágio de aplicação, associado à limitação de água no interior das plantas, tenha sido determinantes na constatação de tolerância dos híbridos de sorgo ao tembotrione.

3.4 CONCLUSÃO

Aos 28 DAA, foi constatado que o híbrido Enforcer é mais tolerante à associação dos herbicidas atrazine e tembotrione do que o híbrido DKB 550.

Os híbridos de sorgo avaliados emitiram folhas jovens sem sintomas de injúrias aos 21 e 28 DAA.

Os herbicidas, independentemente da dose avaliada, não influenciaram na altura, diâmetro do colmo e biomassa seca dos híbridos de sorgo granífero estudados.

3.5. REFERÊNCIAS

ABIT, J. M.; AL-KHATIB, K.; REGEHR, D. L.; TUINSTR, M. R.; CLAASSEN, M. M.; GEIER, P. W.; STAHLMAN, B. W.; GORDON, R. S. Currie Differential response of grain sorghum hybrids to foliar-applied mesotrione. **Weed Technology**, v. 23, n. 1, p. 28-33, 2009.

ANDRADE NETO, R.C.; MIRANDA, N.O.; DUDA, G.P.; GÓES, G.B.; LIMA, A.S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 124-130, 2010.

ARCHANGELO, E. R.; SILVA, J. B. DA; SILVA, A. A. DA; FERREIRA, L. R.; KARAM, D. Tolerância do sorgo forrageiro ao herbicida Primestra SC. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 2, p. 59-66, 2002.

CABRAL, P. H.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I. S.; ARAÚJO, V. T.; PEDRINI, E. C. F. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 308-314, 2013.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2015.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; BLAINSKI, E.; HOMEM, L. M. Seletividade e eficácia agrônômica do novo herbicida tembotrione para a cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, **Convivendo com as plantas daninhas: resumos**. Brasília, DF: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas: UnB: Embrapa Cerrados, 2006.

CUNHA, N. C.; VIDAL, V. M.; SILVA, N. F.; SOARES, F. A. L.; BATISTA, P. F.; SANTOS, M. A.; MORAIS, W. A. e TEIXEIRA, M. B. Seletividade do herbicida tembotrione à cultura do sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 281-293, 2016.

DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; DAN, L. G. M.; PROCÓPIO, S. O.; FERREIRA FILHO, W. C.; MENEZES, C. C. E. Tolerância do sorgo granífero ao herbicida tembotrione. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 615-620, 2010.

DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; DAN, L. G. M.; PROCÓPIO, S. O.; CONSTANTIN, J. Potential Use of Tembotrione (HPPD Inhibitor Herbicides) in Grain Sorghum, Weed Control, Dr. Andrew Price (Ed.), ISBN: 978-953-51-0159-8, **In Tech**, 2012.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Cultivo de sorgo – plantas daninhas. **Sistema de produção**, n. 2. Versão eletrônica. 2008.
- EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL (EWRC) Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC Committee of Methods in Weed Research. **Weed Research**, v. 4, p. 88, 1964.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GROSSMANN, K.; EHRHARDT, T. On the mechanism of action and selectivity of the corn herbicide topramezone: a new inhibitor of 4- hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. **Pest Management**, v. 63, n. 3, p. 429-439, 2007.
- MILLER, J. N.; REGEHR, D. L. Grain sorghum tolerance to postemergence mesotrione applications. **Weed Science**, v. 57, n. 2, p. 136-143, 2002.
- NORSWORTHY, J. K.; WARD, S. M.; SHAW, D. R.; LEWELLYN, R. S.; NICHOLS, R. L.; WEBSTER, T. M. Reducing the risks of herbicide resistance: Best management practices and recommendations. **Weed Science: Special Issue**, v. 60, n. 1, p. 31-62, 2012.
- OLIVEIRA, M. F.; KARAM, D. Plantas Daninhas. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). Cultivo do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo, **Sistemas de Produção**, 2012.
- RIZZARDI, M. A.; KARAM, D.; CRUZ, M. B. Manejo e controle de plantas daninhas em milho e sorgo. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.) **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Embrapa Uva e Vinho, 2004a. p. 571-594.
- SANTOS, W. F.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. G.; FERNANDES, M. F.; BARROSO, A.L.L. Weed phytosociological and floristic survey in agricultural areas of southwestern Goiás region. **Planta Daninha**, v. 34, n. 1, p. 65-80, 2016.
- SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; ARAUJO FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA, J. B. DE; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Edição, Brasília-DF, Embrapa, 2018.
- SILVA, A. G.; MORAES, L. E.; HORVATHY NETO, A.; TEIXEIRA, I. R.; SIMON, G. A. Consórcio sorgo e braquiária na entrelinha para produção de grãos, forragem e palhada na entressafra. **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, p. 697-705, 2014.
- TAMADO, T.; SCHUTZ, W.; MILBERG, P. Germination ecology of the weed *Parthenium hysterophorus* in eastern Ethiopia. **Annals of Applied Biology**. v. 140, n. 3, p. 263-270, 2002.
- VELINI, E. D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D. L. P. (Coord.). **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. SBPC, 1995. 42 p.

WILLIAMS, M. BOYDSTON, R., PEACHEY, R., ROBINSON, D. Significance of atrazine as a tank-mix partner with tembotrione. **Weed Technology**, vol. 25, n. 3, p. 299-302,2011.

4. CAPÍTULO II

TOLERÂNCIA DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO A DOSES DE TEMBOTRIONE

GRANIFEROUS SORGHUM HYBRID TOLERANCE TO THE TEMBOTRIONE DOSES

RESUMO - A identificação de um herbicida gramínico a ser aplicado em pós-emergência seletivo ao sorgo é essencial para o manejo químico das plantas daninhas. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a tolerância de híbridos de sorgo granífero a doses de tembotrione na região Sudoeste de Goiás. Foram conduzidos dois experimentos a campo na safreinha de 2016, em blocos casualizados, com quatro repetições. Em Montividiu, foram utilizados o fatorial 5 x 3, com primeiro fator formado pelas doses de tembotrione (0, 60, 120, 180 e 240 g i.a. ha⁻¹), associadas ao atrazine (1.000 g i.a. ha⁻¹), e o segundo fator, por três híbridos (AG 1085, BRS 330 e Jade). Em Santa Helena de Goiás, foram utilizados o fatorial 5 x 11 e as mesmas doses dos herbicidas em onze híbridos (BRS 330, BRS 380, DKB 540, DKB 590, Jade, MS 320, Ranchero, XB 6020, XB 6022, 80G20, A 9904). Foram avaliadas a fitointoxicação bem como as características agrônômicas e a produtividade de grãos. Verificou-se, em ambas as localidades, aumento dos níveis de toxidez com aumento das doses dos herbicidas. Os híbridos BRS 330, Jade e A 9904 foram os mais suscetíveis aos herbicidas em Santa Helena de Goiás. Em Montividiu, o AG 1085 foi o mais tolerante. Ocorreram reduções da biomassa seca, diâmetro de colmo e produtividade de grãos com aumento das doses dos herbicidas. As condições ambientais influenciaram na tolerância e recuperação dos híbridos de sorgo.

PALAVRAS-CHAVE: Seletividade, atrazine, graminicida, plantas daninhas.

ABSTRACT - Finding the graminicide herbicide to be applied to selective post-emergence for sorghum is essential for chemical weed management. In this context, this study aimed to evaluate the tolerance of graniferous sorghum hybrids to tembotrione doses in the southwestern Goiás State (GO), Brazil. Two field experiments were carried out in a randomized block design, and four replicates in the 2016 off-season. In Montividiu municipality (GO), 5x3 factorial scheme was used and the first factor consisted of the tembotrione doses (0, 60, 120, 180, and 240 g a.i. ha⁻¹), associated with atrazine (1,000 g a.i. ha⁻¹), and the second factor consisted of three hybrids (AG 1085, BRS 330, and Jade). In Santa Helena de Goiás municipality (GO), 5x11 factorial scheme was used, and the same herbicide doses in eleven hybrids (BRS 330, BRS 380, DKB 540, DKB 590, Jade, MS 320, Ranchero, XB 6020, XB 6022 80G20, and A 9904) were also used. Phytointoxication as well as agronomic characteristics and grain yield were evaluated. In both localities, an increase of toxic levels with increasing herbicide doses was found. The BRS 330, Jade, and A 9904 hybrids were the most susceptible to herbicides in Santa Helena de Goiás. In Montividiu, AG 1085 was the most tolerant. Decreasing in dry biomass, stem diameter, and grain yield occurred when herbicide doses were increased. Environmental conditions affected the sorghum hybrid tolerance and recovery.

KEYWORDS: Atrazine. Graminicide. Selectivity. Weeds.

4.1 INTRODUÇÃO

O sorgo é uma gramínea capaz de diminuir as atividades metabólicas em condições adversas do ambiente. Desta maneira, suporta déficits hídricos e resiste a elevadas temperaturas (Andrade et al., 2010). Estas características, associadas a seu potencial produtivo, têm favorecido o aumento das áreas de cultivo do sorgo na região do Cerrado.

Para evitar a competição interespecífica entre a cultura do sorgo e as plantas daninhas, poucas medidas de controle vêm sendo utilizadas. Ademais, a baixa disponibilidade de herbicidas para o controle químico resulta em mobilizações desnecessárias de controle mecânico, que geram elevados custos, resultando em danos

às plantas da cultura, perdas na produção final e prejuízos financeiros aos produtores (Abit et al., 2009; Ferreira et al., 2015).

No Brasil, entre os herbicidas registrados para o sorgo, destaca-se o atrazine. Entretanto, este herbicida controla principalmente plantas daninhas dicotiledôneas (folhas largas) e algumas gramíneas (folhas estreitas), o que favorece a infestação das áreas de sorgo por gramíneas (Oliveira e Karam, 2012; Machado et al., 2016). Outros herbicidas como o paraquat, simazina e 2,4-D amina, apesar de apresentarem seletividade e relatório de eficiência de uso na cultura do sorgo, ainda estão sem registro no Ministério da Agricultura (Dan et al., 2010).

Com isso, torna-se evidente a necessidade de buscar novos princípios ativos, com diferentes mecanismos de ação, que possam ser usados no controle químico das plantas daninhas no sorgo (Galon et al., 2016). Destaca-se também que no Brasil poucos trabalhos têm sido desenvolvidos para observar os efeitos dos herbicidas e o controle de plantas daninhas nessa cultura (Machado et al., 2016).

A identificação de graminicidas seletivos ao sorgo em pós-emergência é essencial para a expansão das áreas de cultivo, bem como para o aumento da produtividade de grãos (Stahlman e Wicks, 2000; Machado et al., 2016). Entre os herbicidas de ação graminicida e latifolicida com potencial para utilização em pós-emergência da cultura do sorgo, destacam-se os inibidores de carotenoides, principalmente aqueles que inibem a enzima hydroxyphenylpyruvate dioxygenase (HPPD) (Miller e Regehr, 2002; Abit et al., 2009). Geralmente, esses herbicidas promovem o branqueamento das folhas como resultado da degradação oxidativa da clorofila e das membranas fotossintéticas (Armel et al., 2003; Grossmann e Ehrhardt, 2007; Oliveira Júnior et al., 2011).

Entre as limitadas alternativas dos herbicidas graminicidas, o tembotrione apresenta potencial de utilização no sorgo (Calvayrac et al. 2013). Destaca-se que este herbicida tem mecanismo de ação de inibição da biossíntese de carotenoides e, assim como no Brasil, nos Estados Unidos é mais comum sua utilização na cultura do milho (Constantin et al., 2006; Stephenson et al., 2015).

No Cerrado brasileiro nota-se uma crescente demanda por áreas de sorgo, bem como o constante aumento de híbridos comerciais para cultivo na região. Cabe ressaltar que os híbridos de sorgo disponíveis no mercado podem apresentar diferentes respostas de tolerância ao tembotrione.

Além disso, os fatores edafoclimáticos podem influenciar na toxidez e na recuperação das injúrias causadas nas plantas de sorgo. Diante do exposto, este estudo teve o objetivo de avaliar a tolerância de híbridos de sorgo granífero cultivado na região Sudoeste de Goiás à associação dos herbicidas atrazine e tembotrione.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos em segunda safra (safrinha), no período de março a julho de 2016, em sucessão à soja. Um experimento foi instalado nas condições ambientais de baixa altitude no município de Santa Helena de Goiás (17°42'67" S e 50°26'37" O, 540 m de altitude) e outro em local de maior altitude no município de Montividiu (17°19'57" S e 51°18'51" O, 802 m de altitude), ambos na região Sudoeste de Goiás.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região dos experimentos é do tipo tropical (Aw), com período seco no inverno e concentração de chuvas no verão. As médias anuais de precipitações de chuva e temperatura da região são de 1.500 mm e 23°C, respectivamente (Cardoso et al., 2015). Os dados de precipitação pluviométrica coletados durante a condução dos experimentos estão dispostos na Figura 1.

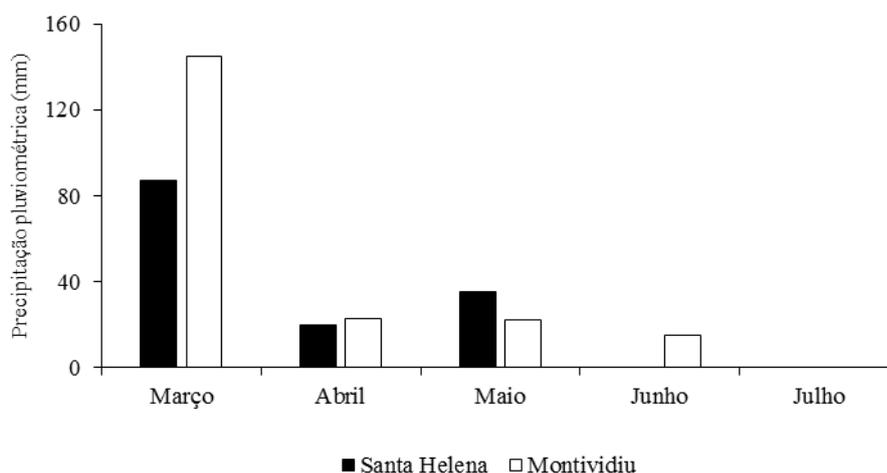


Figura 1. Dados de precipitação pluviométrica (mm). Santa Helena de Goiás e Montividiu-GO, 2016.

Em Santa Helena de Goiás o experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho escuro distrófico (Santos et al., 2018). Amostras de solo foram obtidas de 0,0 a 0,2 m para determinação da fertilidade. Os resultados da análise de solo foram pH

em CaCl_2 : 5,24; Ca, Mg, K, Al, H + Al, CTC e SB: 2,37; 1,22; 0,34; 0,05; 4,79; 8,72 e 3,93 em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente; P: 2,41 mg dm^{-3} ; Cu, Zn, Fe e Mn: 4,96; 2,61; 102,09 e 127,05 em mg dm^{-3} , respectivamente; matéria orgânica: 28,99 g dm^{-3} ; argila, silte e areia: 471,1; 134,9 e 394 g kg^{-1} , respectivamente, pertencente à classe textural argilosa.

O solo do experimento em Montividiu foi classificado como Latossolo Vermelho amarelo distrófico (Santos et al., 2018). Os resultados da análise de solo foram pH em CaCl_2 : 5,35; Ca, Mg, K, Al, H + Al, CTC e SB: 1,98; 0,50; 0,10; 0,01; 2,10; 4,68 e 2,58 em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente; P: 14,37 mg dm^{-3} ; Cu, Zn, Fe e Mn: 1,47; 8,65; 54,02 e 58,45 em mg dm^{-3} , respectivamente; matéria orgânica: 15,46 g dm^{-3} ; argila, silte e areia: 119,1; 167; e 864,2 g kg^{-1} , respectivamente, e de classe textural arenosa.

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições nos dois locais. Foram utilizados o fatorial 5 x 3, constituído de cinco doses de tembotrione (0, 60, 120, 180 e 240 g i.a. ha^{-1}), associado ao atrazine (Atrazinax[®] - 1.000 g i.a. ha^{-1}), e três híbridos de sorgo (AG 1085, BRS 330 e Jade), em Montividiu. Em Santa Helena de Goiás, foram utilizados o fatorial 5 x 11, com as mesmas doses do herbicida, e onze híbridos de sorgo (BRS 330, BRS 380, DKB 540, DKB 590, Jade, MS 320, Rancho, XB 6020, XB 6022, 80G20 e A 9904). Na preparação da calda, foi adicionado 0,1% do éster metílico de óleo de soja (Áureo[®]). A dose zero consistiu na utilização de atrazine isoladamente.

A semeadura foi feita de forma mecanizada na primeira quinzena de março, adotando uma densidade de semeadura que possibilitasse a obtenção da população final de 200.000 plantas por hectare. Aos dez dias após a emergência da cultura, foi feito o desbaste das plantas, permanecendo nas unidades experimentais a população prevista. As parcelas foram formadas por quatro linhas espaçadas de 0,5 m, com seis metros de comprimento, perfazendo uma área total de 12 m^2 , e área útil de 5 m^2 , formada pelas duas linhas centrais, desconsiderando meio metro das extremidades. As parcelas foram mantidas sem interferência de plantas daninhas por meio de capinas manuais.

As aplicações dos herbicidas seguiram as mesmas metodologias nas duas localidades, tendo sido feitas entre os estádios vegetativos V₆ e V₇ (sexta a sétima folha expandida), com auxílio de um pulverizador costal pressurizado a CO₂, munido de barra com quatro pontas Teejet XR 110.02, com leque duplo com indução de ar, espaçados em 0,5 m, com pressão de 2 kgf/cm^{-2} e volume de calda de 150 L ha^{-1} .

As condições climáticas registradas durante a aplicação em Santa Helena de Goiás e Montividiu, respectivamente, apresentaram médias de temperatura de 28,0 e 24,2 °C, velocidade do vento de 3,1 e 4,1 m/s⁻¹ e umidade relativa do ar de 44,6 e 48,0%.

Foram atribuídas notas percentuais, determinando-se a intensidade de injúrias observadas na cultura, com notas da escala da SBCPD, de zero (nenhum dano à cultura) a 100% (morte de todas as plantas) (Velini et al., 1995). As avaliações foram feitas aos 2, 7, 14 e 28 dias após as aplicações (DAA) dos herbicidas.

Na colheita, utilizou-se trena graduada nas medições das alturas das plantas, tendo como referência a distância do colo à extremidade da panícula. Os diâmetros de colmos foram obtidos com auxílio de paquímetro digital após a inserção da última folha das plantas de sorgo.

Após as medições, as plantas do sorgo foram coletadas para determinação da biomassa seca da parte aérea por secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C por 72 h. Os dados de altura de plantas, diâmetro do colmo e massa seca foram obtidos das médias de cinco plantas coletadas na área útil das parcelas.

As panículas da área útil foram contabilizadas, estimando-se o total por hectare. Após a contabilização, as amostras foram coletadas e trilhadas mecanicamente. Posteriormente, as sementes foram pesadas, determinando-se a produtividade em kg ha⁻¹ com correção da umidade para 13% bem como a massa de mil grãos de acordo com as Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Os dados foram avaliados separadamente para cada localidade. Os níveis de fitointoxicação foram transformados conforme a expressão $(\sqrt{x+1})$, seguindo os pressupostos da análise de variância. Posteriormente, foi feita a análise de variância dos dados obtidos, aplicando o teste de F a 5% de significância. Quando os efeitos dos fatores isolados ou das interações foram significativos, foram aplicados o teste de Tukey e a análise de regressão para comparação das médias a 5% de probabilidade, com auxílio do software estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os resultados obtidos, verificou-se que não houve interação dos fatores para níveis de fitointoxicação, tendo sido constatados efeitos médios significativos para os híbridos e doses dos herbicidas em ambos os locais (Tabela 1). Quanto às características agrônômicas, em Santa Helena de Goiás ocorreu significância

para a interação dos fatores de produtividade de grãos. Em Montividiu, além da produtividade de grãos, a interação foi significativa para diâmetro de colmo e massa seca das plantas de sorgo.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos dados de fitointoxicação e das características agrônômicas de híbridos de sorgo granífero. Santa Helena de Goiás e Montividiu-GO, 2016.

Fonte de Variação	--- Fitointoxicação (DAA) ---					--- Características agrônômicas ---					
	GL	2	7	14	28	Altura de plantas	Diâmetro do colmo	Biomassa seca	Número de panículas	Peso de mil grãos	Produtividade de grãos
--- Quadrados médios - Santa Helena de Goiás ---											
Híbrido (H)	10	0,083**	1,103**	1,797**	1,056**	663,130**	27,582**	710,009**	5543553450000000000**	120,288**	526227,051**
Dose (D)	4	1,189*	4,669*	11,059*	3,637**	36,172 ^{ns}	11,507**	965,795**	635763636000000000 ^{ns}	3,758 ^{ns}	3031276,392**
H x D	40	0,06 ^{ns}	0,431 ^{ns}	0,539 ^{ns}	0,294 ^{ns}	38,182 ^{ns}	2,494 ^{ns}	230,545 ^{ns}	363531636000000000 ^{ns}	17,916 ^{ns}	28045,673**
Resíduo	162	0,043	0,385	0,497	0,258	56,177	2,024	195,732	297059843000000000	17,465	10.955,260
C.V. (%)		15,4	28,5	24,3	23,7	9,9	14,9	32,5	20,3	14,3	16,4
Média		0,8	4,2	8,1	3,9	75,6	9,5	43,1	268.545	29,0	635
--- Quadrados médios – Montividiu ---											
Híbrido (H)	2	0,286 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,533 ^{ns}	5,485**	1205,972**	86,795**	4700,544**	2490026670000000000**	566,62**	5793291,666**
Dose (D)	4	5,018**	6,596**	10,138**	7,863**	39,305 ^{ns}	94,527**	9651,385**	2749333333333333 ^{ns}	58,15**	4870531,250**
H x D	8	0,333 ^{ns}	0,463 ^{ns}	0,703 ^{ns}	0,193 ^{ns}	10,212 ^{ns}	0,879**	418,312**	5829333333333333 ^{ns}	1,10 ^{ns}	57328,125**
Resíduo	42	0,158	0,306	0,349	0,199	32,746	0,27	39,972	105988571000000000	1,89	13.769,84
C.V. (%)		17,7	20,8	19,2	17,8	5,4	4,2	6,3	14,7	6,5	4,4
Média		4,5	6,8	9,4	6,1	105,5	12,3	100,2	220.266	22,3	2.623

C. V.: coeficiente de variação. ^{ns}: não significativo. ** e * significativo a 1% e 5%, respectivamente pelo teste de F.

4.3.1 Experimento em Santa Helena de Goiás

Aos 2 DAA, os híbridos BRS 380, XB 6020, XB 6022 e 80G20 apresentaram os menores níveis de toxidez e diferiram estatisticamente do A 9904 (Tabela 2). Aos 7 DAA, o BRS 330 foi o híbrido mais susceptível, embora com baixo percentual de comprometimento das plantas avaliadas (6%), diferindo estatisticamente dos híbridos Jade e XB 6022 (Tabela 2).

Tabela 2. Médias dos percentuais de fitointoxicação do sorgo granífero. Santa Helena de Goiás - GO, 2016.

Híbridos	--- Fitointoxicação % (DAA) ---			
	2	7	14	28
BRS 330	0,95 ab	6,65 a	10,65 a	2,25 c
BRS 380	0,70 b	4,45 ab	7,60 ab	2,50 cb
DKB540	0,80 ab	5,60 ab	6,65 ab	3,05 abc
DKB590	0,85 ab	3,85 ab	8,35 ab	3,60 abc
Jade	0,80 ab	3,05 b	10,30 ab	4,00 abc
MS 320	1,05 ab	3,60 ab	6,45 ab	4,05 abc
Ranchero	0,95 ab	3,65 ab	6,00 b	4,10 abc
XB 6020	0,70 b	3,70 ab	7,50 ab	4,55 abc
XB 6022	0,70 b	2,55 b	9,60 ab	4,85 ab
A 9904	1,30 a	3,95 ab	10,10 ab	5,10 a
80G20	0,70 b	5,25 ab	6,30 b	5,35 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 14 DAA, houve aumento da fitotoxidez. Nesta avaliação, as injúrias ficaram mais evidentes, principalmente para o híbrido BRS 330, porém com diferença significativa dos híbridos Ranchero e 80G20. Já os de menor fitotoxidez foram os híbridos Ranchero e 80G20. Aos 28 DAA, foi constatada recuperação das plantas de sorgo, tendo o híbrido BRS 330 se recuperado em relação aos híbridos 80G20 e A 9904.

Desta forma, os percentuais de fitointoxicação nesta localidade foram baixos. Atribui-se esse resultado à baixa precipitação pluviométrica durante o período de condução do experimento e às elevadas temperaturas (Figura 1). Sugere-se que a baixa disponibilidade de água no solo e no interior das plantas de sorgo possa ter interferido na translocação da molécula. Sendo assim, os sintomas foram pouco visíveis. Normalmente o tembotrione é translocado em meio aquoso na via apoplástica,

alcançando rapidamente os cloroplastos (Constantin et al., 2006). Por outro lado, os elevados índices de fertilidade na área experimental de Santa Helena de Goiás podem ter sido determinantes no desenvolvimento do sorgo, resultando na baixa toxidez e no surgimento das injúrias.

Quanto aos dados de fitointoxicação com efeitos médios significativos das doses dos herbicidas, verificou-se aumento de toxidez com aumento das doses dos herbicidas (Figura 2).

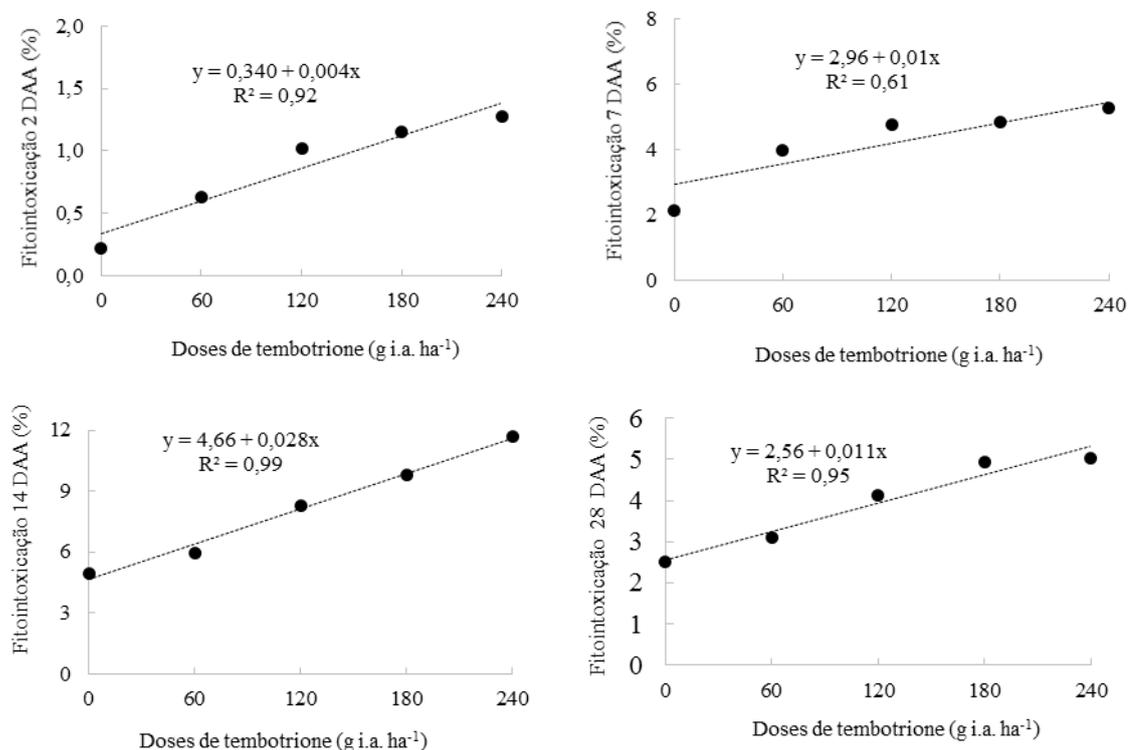


Figura 2. Percentual de fitointoxicação do sorgo granífero. Santa Helena de Goiás, 2016.

Aos 2 DAA, observou-se que as injúrias nas plantas de sorgo nas doses de 180 e 240 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione se assemelharam. A fitointoxicação do sorgo aumentou aos 14 DAA, fato que pode ser visualizado pelo coeficiente angular da equação. Mesmo com percentuais considerados baixos (11%), este foi o maior valor registrado em relação às demais épocas de avaliação, tendo sido notada, nesta avaliação, evolução de clorose para necrose das folhas.

Entretanto, destaca-se que a emissão de folhas jovens sem sintomas aos 28 DAA leva a crer na possibilidade de tolerância dos híbridos de sorgo aos herbicidas testados.

Os híbridos de sorgo apresentaram diferenças na altura de plantas. O híbrido BRS 330 apresentou o maior porte, não diferindo estatisticamente dos híbridos BRS 380, XB 6020, XB 6022 e A 9904 (Tabela 3).

Tabela 3. Médias das características agronômicas de híbridos de sorgo granífero. Santa Helena de Goiás-GO, 2016.

--- Características agronômicas ---					
Híbridos	Altura de plantas (cm)	Diâmetro do colmo (mm)	Massa seca (g)	Número de panículas (pan. ha ⁻¹)	Peso de mil grãos (g)
BRS 330	84,5 a	11,2 a	45 ab	223.200 de	24,9 d
BRS 380	77,2 abc	7,6 d	37 b	259.800 cd	27,6 bcd
DKB 540	73,2 bc	9,9 abc	40 b	314.400 abc	29,6 bc
DKB 590	62,2 d	10,3 ab	40 b	345.600 a	34,2 a
Jade	71,7 c	9,5 abc	43 b	261.600 cd	27,6 bcd
MS 320	72,9 c	10,8 ab	50 ab	333.000 ab	29,2 bc
Ranchero	76,3 bc	8,8 bcd	45 ab	185.800 e	29,2 bc
XB 6020	80,7 ba	8,7 bcd	38 b	212.200 de	29,7 bc
XB 6022	77,0 abc	10,6 ab	57 a	302.600 abc	31,6 ab
A 9904	79,0 abc	8,5 bcd	40 b	226.800 de	28,8 bcd
80G20	76,6 bc	8,3 cd	40 b	289.000 bc	26,9 cd

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O híbrido BRS 330 se destacou quanto ao diâmetro do colmo, porém não houve diferença estatística em relação aos híbridos DKB 540, DKB 590, Jade, MS 320 e XB 6022. Os híbridos BRS 330, MS 320, Ranchero e XB 6022 foram semelhantes quanto ao acúmulo de massa seca (Tabela 3). A maior estimativa do número de panículas foi verificada para o híbrido DKB 540, que diferiu estatisticamente dos híbridos BRS 330, BRS 380, Jade, Ranchero, XB 6020, A 9904 e 80G20. A constatação da diferença do número de panículas está correlacionada à capacidade de perfilhamento do sorgo, verificada nas observações visuais durante as avaliações.

Em relação à massa de mil grãos, o híbrido DKB 590 se destacou dos demais, com exceção do híbrido XB 6022 (Tabela 3). Já o BRS 330 foi o híbrido com menor massa de mil grãos, não diferindo dos híbridos BRS 380, Jade e A 9904. Os diâmetros de colmo e o peso da massa seca foram influenciados pelos herbicidas (Figuras 3).

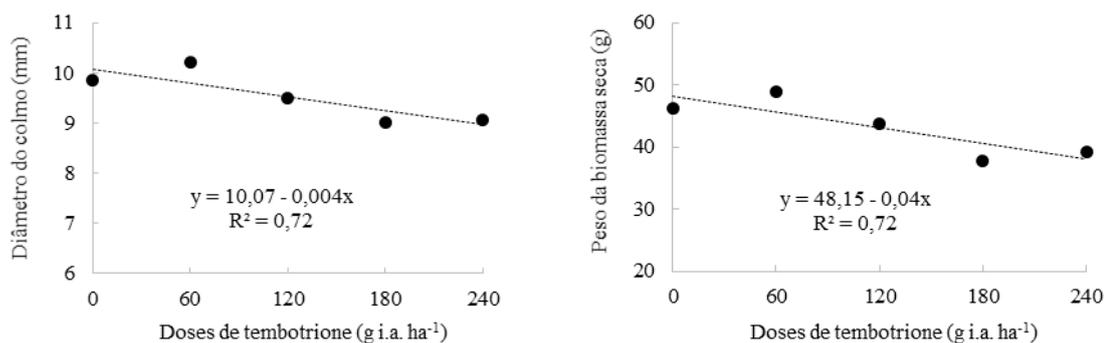


Figura 3. Diâmetro do colmo e massa seca do sorgo granífero. Santa Helena de Goiás, 2016.

Na utilização de atrazine isoladamente, os diâmetros do colmo e biomassa seca apresentaram médias de 9,8 mm e 48,1 g, enquanto na dose de atrazine + tembotrione (1000 + 240 g i.a. ha⁻¹), houve redução para 8,9 m e 38,0 g, respectivamente. Os ajustes permitiram observar diminuição dessas variáveis.

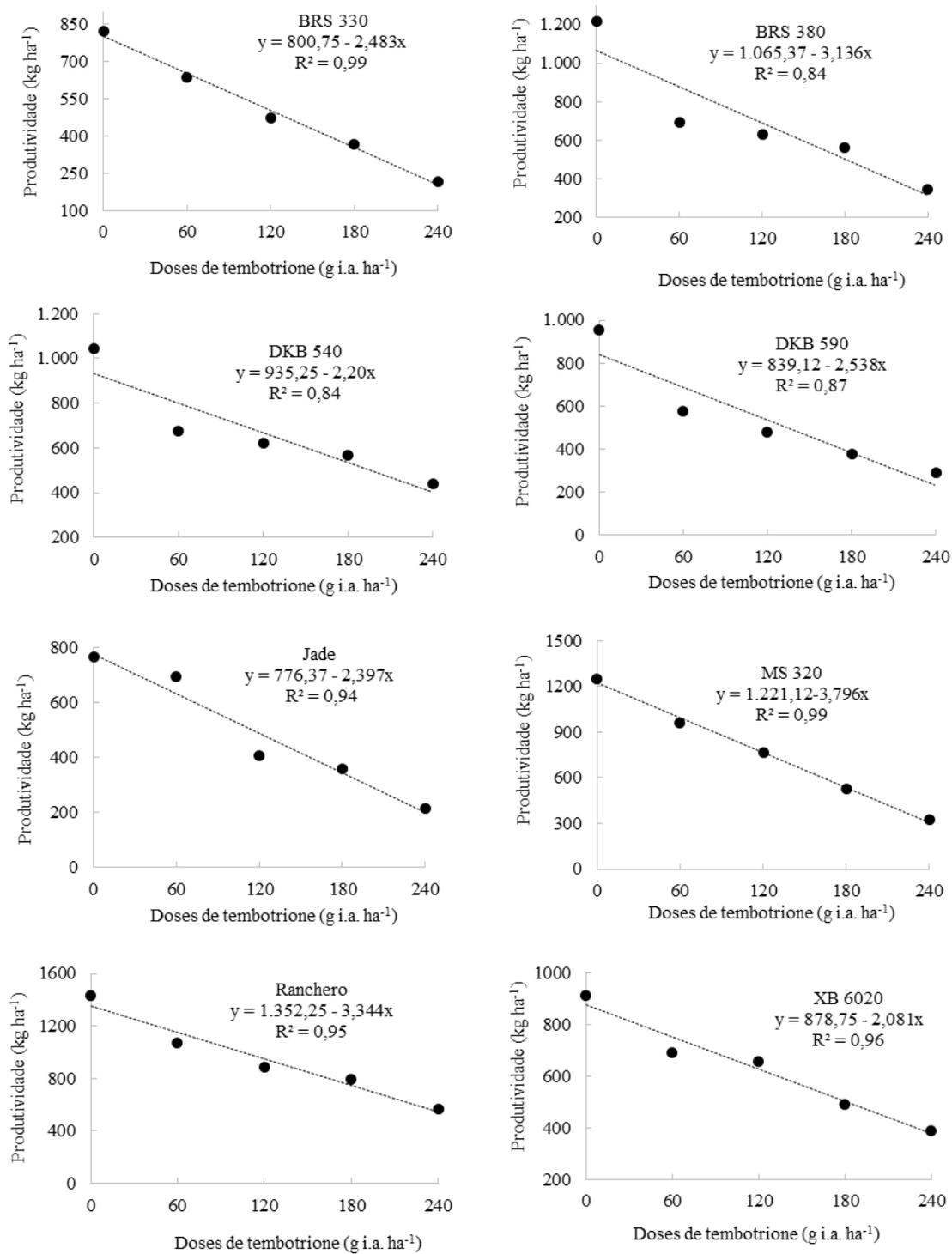
Desdobrando a interação híbrido dentro das doses dos herbicidas, verificou-se que o híbrido Ranchero foi o mais tolerante, com produtividade de grãos acima dos demais, independentemente da dose de herbicida utilizada (Tabela 4). Contudo, os híbridos BRS 380, MS 320 e Ranchero tiveram produtividade de grãos semelhante quando se utilizou apenas atrazine.

Tabela 4. Médias dos desdobramentos da interação de híbridos de sorgo granífero submetidos a doses de atrazine e tembotrione. Santa Helena de Goiás-GO, 2016.

Híbridos	--- Doses de tembotrione (g i.a. ha ⁻¹) ---				
	0	60	120	180	240
	Produtividade (kg ha ⁻¹)				
BRS 330	825 de	637 bc	472 cde	367 bc	218 cd
BRS 380	1.217 ab	693 b	631 bcd	561 ab	342 abcd
DKB540	1.046 bcd	677 bc	622 bcd	567 ab	439 abc
DKB590	952 cde	574 bc	480 cde	375 bc	290 bcd
Jade	767 e	695 b	406 de	359 bc	215 cd
MS 320	1.250 ab	959 a	765 ab	525 b	328 abcd
Ranchero	1.433 a	1.072 a	887 a	796 a	568 a
XB 6020	913 cde	693 b	656 abc	493 bc	389 abcd
XB 6022	974 cde	450 c	339 e	261 c	171 d
A 9904	804 d	536 bc	404 de	370 bc	349 abcd
80G20	1.153 bc	1.029 a	873 a	537 b	512 ab

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No desdobramento das doses dos herbicidas para cada híbrido, foi confirmada redução da produtividade de grãos, com aumento das doses (Figuras 4).



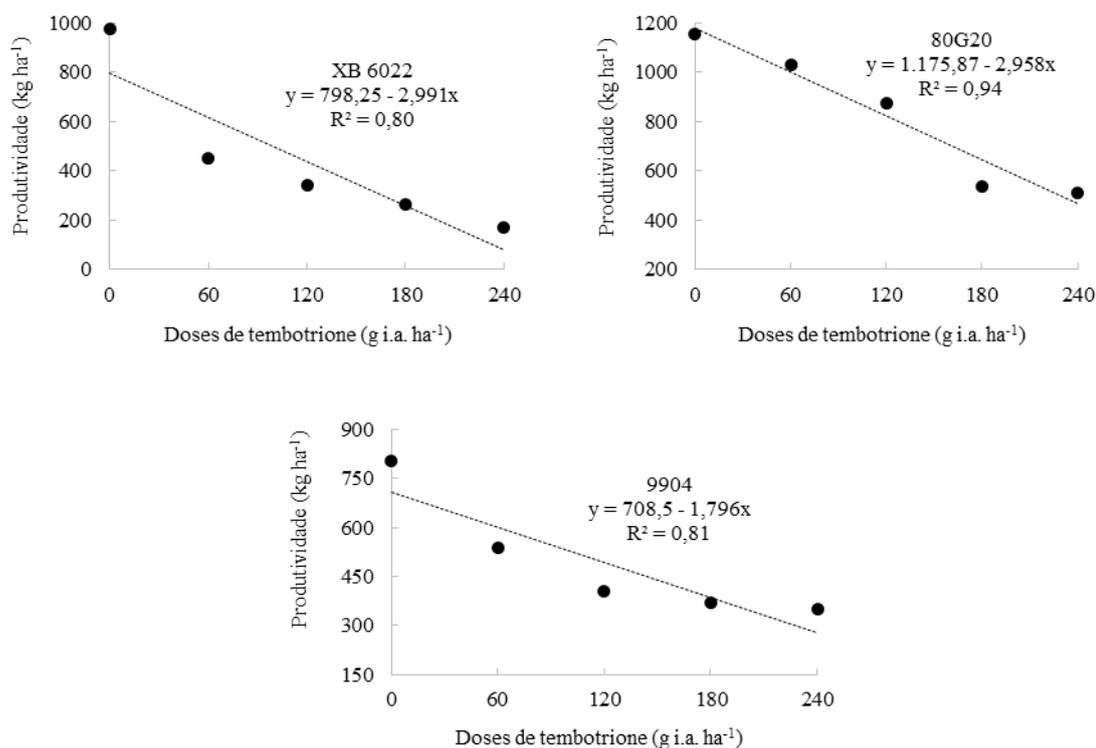


Figura 4. Produtividade de grãos do sorgo granífero. Santa Helena de Goiás, 2016.

Embora tenham sido registrados baixos níveis de toxidez, as injúrias foram suficientes para resultar em efeitos negativos na produtividade da cultura. Os resultados de produtividade de sorgo nesta localidade ficaram muito abaixo do esperado para a cultura. Outro fator que pode ser associado a esses resultados foi a escassez hídrica no período de desenvolvimento da cultura (Figura 1). As baixas precipitações pluviométricas e as elevadas temperaturas, comuns em regiões de baixa altitude, também foram desfavoráveis às recuperações das plantas de sorgo, bem como ao enchimento de grãos, afetando, assim, a produtividade.

4.3.2. Experimento em Montividiu

Foram verificados efeitos isolados dos herbicidas aos 2, 7, 14 e 28 DAA bem como efeito dos híbridos nesta última avaliação (Figuras 5). Resultados diferentes dos verificados em Santa Helena de Goiás, em que foram constatadas significâncias dos níveis de fitointoxicação para os fatores híbrido e dose do tembotrione.

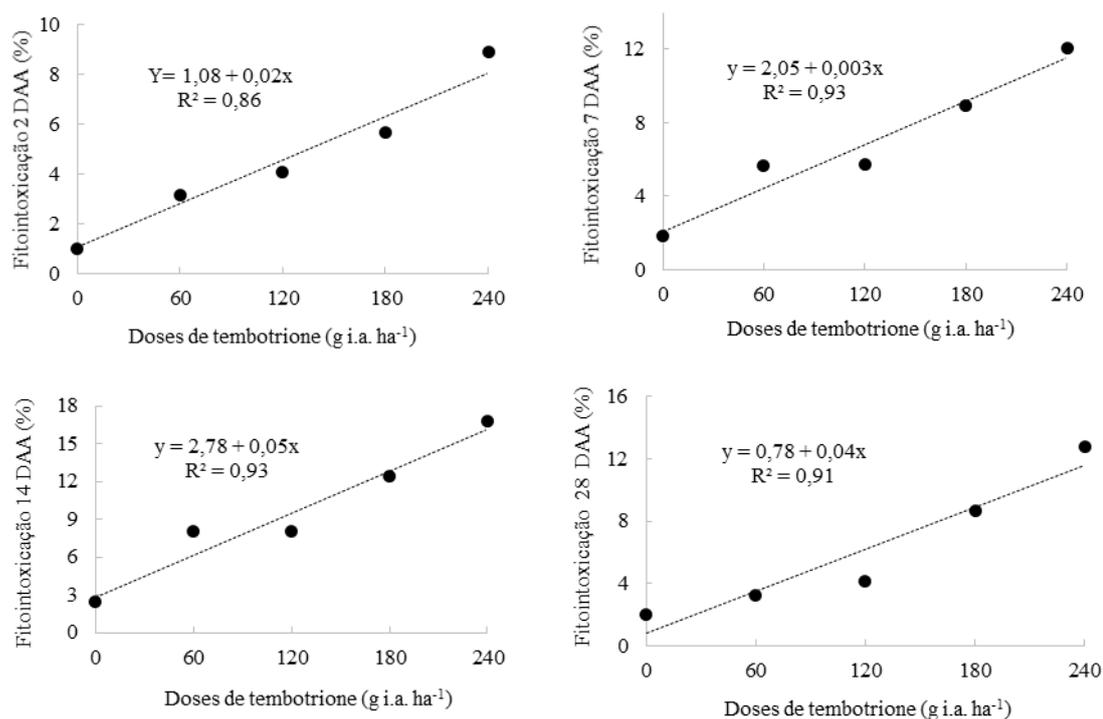


Figura 5. Percentual de fitointoxicação do sorgo granífero. Montividiu, 2016.

Pode-se constatar aumento da toxidez com incremento das doses dos herbicidas, mas os níveis de toxidez das plantas de sorgo podem ser considerados baixos. Aos 7, 14 e 28 DAA, observou-se que a fitotoxidez na utilização de atrazine + tembotrione (1000 + 60 e 120 g i.a. ha⁻¹) se manteve próxima (Figuras 5). As injúrias causadas pelos herbicidas foram semelhantes nas plantas de sorgo nestas épocas de avaliação. Este resultado leva a crer em uma potencial utilização do tembotrione em doses intermediárias a estas doses aqui utilizadas. Acima desses valores, foram notados crescente aumento das injúrias bem como comprometimento das plantas de sorgo.

Cabe destacar que os percentuais médios de toxidez foram mais intensos aos 14 DAA, com máxima superior a 16% na maior dose, assim como ocorreu em Santa Helena de Goiás (Figura 5). Entretanto, nesta localidade as injúrias nas plantas de sorgo foram menores.

Nos locais de menor altitude, a baixa precipitação pluviométrica e a umidade relativa do ar reduziram as injúrias nas plantas de sorgo. Isto explica a diferença dos níveis de toxidez mais acentuados em Montividiu quando comparado com Santa Helena de Goiás, que apresentou essas condições ambientais, pois a alta umidade potencializa o desempenho dos herbicidas pela lenta evaporação da superfície vegetal.

Desta maneira, a absorção de ingredientes ativos altamente solúveis em água é aumentada sob elevada umidade relativa do ar (Ramsey et al., 2005).

Em relação ao efeito dos herbicidas aos 28 DAA, o híbrido Jade caracterizou-se pela maior susceptibilidade (Tabela 5).

Tabela 5. Médias das variáveis com efeitos médios significativos para híbridos de sorgo. Montividiu-GO, 2016.

Híbrido	---Fitointoxicação ---		--- Características agronômicas ---		
	28 DAA		Altura de plantas (cm)	Número de panículas (pan. ha ⁻¹)	Peso de mil grãos (g)
AG 1085	2,2 b		109,0 a	259.200 a	23,2 b
BRS 330	2,2 b		111,0 a	211.200 b	24,6 a
Jade	3,1 a		96,6 b	190.400 b	15,5 c

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os danos causados pela toxidez influenciaram a altura das plantas e o peso de mil grãos do híbrido Jade quando comparados com os demais (Tabela 5). Estes resultados foram semelhantes aos observados em Santa Helena de Goiás para este mesmo híbrido.

O híbridos BRS 330 e AG 1085 apresentaram maior altura de plantas e massa de mil grãos, Tabela 5, e semelhanças quanto às características agronômicas nas duas localidades, indicando boa adaptação aos dois ambientes.

O híbrido AG 1085 diferiu dos demais quanto ao número de panículas, fato determinante para sua maior produtividade de grãos. De acordo com Silva et al. (2015), a importância de obter o maior número de panículas se correlaciona com a maior produtividade de grãos e com a capacidade do sorgo de perfilhar e produzir panículas viáveis. Estes mesmos autores relataram correlação positiva do número de panículas em relação à produtividade de grãos, o que ocorreu para o híbrido AG 1085 neste estudo.

Por outro lado, o peso de mil grãos também está associado à produtividade. Nesse estudo, o híbrido BRS 330 foi mais eficiente no acúmulo de fotoassimilados nos grãos, apresentando massa de grãos superior aos demais. No geral, houve redução moderada da massa de mil grãos com o incremento das doses dos herbicidas na comparação de utilização do atrazine de forma isolada (Tabela 5 e Figura 6).

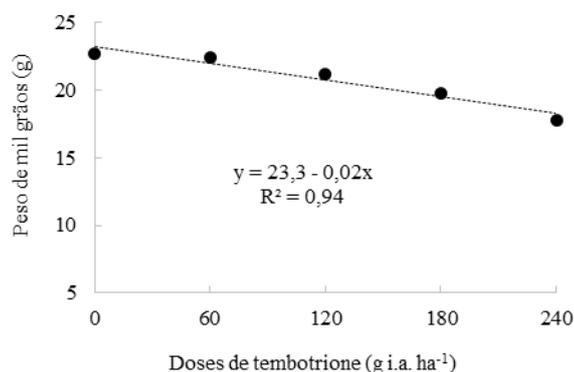


Figura 6. Peso de mil grãos do sorgo granífero submetido a aplicações dos herbicidas atrazine e tembotrione. Montividiu, 2016.

É importante enfatizar que a utilização de atrazine isoladamente restringe o controle das plantas daninhas dicotiledôneas e algumas gramíneas (Oliveira e Karam, 2012; Machado et al., 2016), embora não seja suficiente para diminuir a infestação das áreas de cultivo de sorgo. Em contrapartida, a associação em misturas dos herbicidas atrazine e tembotrione aplicados em pós-emergência na cultura do milho aumentou a eficácia no controle das plantas daninhas em até 45% em relação ao atrazine isoladamente (Willians et al., 2011).

A redução no peso de mil grãos pode ter sido provocada pelas alterações nas taxas fotossintéticas devidas ao estresse químico provocado nas plantas de sorgo pelo tembotrione. O mecanismo de ação dos herbicidas inibidores da HPPD, a partir da inibição da síntese de carotenoides que exercem a função de fotoproteção, provoca a decomposição da clorofila pela luminosidade. Ocorrem, dessa maneira, a degradação oxidativa da clorofila e a oxidação das membranas celulares (Grossmann e Ehrhardt, 2007). Por consequência, a produção de fotoassimilados é reduzida. Além disso, sugere-se que houve direcionamento desses fotoassimilados para recuperação e emissão das folhas jovens sem sintomas de fitotoxicidade, como foi verificado aos 28 DAA, independentemente da dose do tembotrione aplicada

Foram constatadas interações dos fatores avaliados para os diâmetros do colmo, biomassa seca e produtividade de grãos (Tabela 6).

Tabela 6. Desdobramento da interação dos híbridos para cada nível de dose dos herbicidas. Montividiu-GO, 2016.

Híbridos	--- Tembotrione (g i.a ha ⁻¹) ---				
	0	60	120	180	240
	Diâmetro do colmo (mm)				
AG 1085	17,2 a	15,3 a	14,1 a	12,4 a	9,6 a
BRS330	12,8 b	11,9 b	10,2 b	7,9 b	6,8 b
Jade	17,1 a	14,6 a	13,8 a	11,8 a	9,0 a
	Massa seca (g)				
AG 1085	113,7 c	86,2 b	80,0 b	71,3 b	61,3 b
BRS330	165,0 a	122,5 a	107,5 a	88,8 a	61,2 b
Jade	143,7 b	125,0 a	108,7 a	93,8 a	74,3 a
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)				
AG 1085	3.962 a	3.637 a	3.250 a	2.775 a	2.437 a
BRS330	2.987 c	2.462 c	2.025 c	1.793 b	1.518 c
Jade	3.525 b	2.931 b	2.343 b	1.887 b	1.812 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O desdobramento dos híbridos em relação a doses dos herbicidas mostrou que o diâmetro do colmo dos híbridos AG 1085 e Jade foi semelhante e superior ao diâmetro do híbrido BRS 330 (Tabela 6). O menor diâmetro do colmo para o híbrido BRS 330 pode ter correlação com uma produtividade de grãos inferior. Plantas com colmos basais finos têm menor capacidade de translocação de água, nutrientes e fotoassimilados, sendo também susceptíveis ao acamamento (Mateus et al., 2011).

Por outro lado, o híbrido BRS 330 se destacou dos demais híbridos em relação ao acúmulo de biomassa quando foi testado o atrazine de forma isolada (Tabela 6 e Figura 7). No geral, ocorreram reduções no acúmulo da massa seca conforme o aumento das doses dos herbicidas.

A maior produtividade de grãos foi constatada para o híbrido AG 1085, independentemente da dose de tembotrione utilizada (Tabela 6 e Figura 7). Levando em consideração os dados de produtividade de grãos e a fitotoxidez aos 28 DAA, o híbrido em questão foi mais tolerante à associação entre atrazine e tembotrione. Cabe destacar que o híbrido Jade apresentou maior redução de produtividade após a adição do tembotrione, sendo o oposto verificado para o híbrido BRS 330, com a menor. O híbrido AG 1085 apresentou maior potencial produtivo (Figura 7).

A diferença entre os ambientes de cultivo e a interferência das condições ambientais ficou evidente pela comparação entre os híbridos Jade e BRS 330. Em

Santa Helena de Goiás, as produtividades de grãos foram significativamente inferiores às registradas em Montividiu. Apesar da maior fitotoxidez nesta última localidade, a maior altitude, com temperaturas amenas, e a elevada umidade relativa do ar, com maior precipitação, favoreceram a recuperação do sorgo, proporcionando, assim, maior produtividade de grãos.

O aumento da fitotoxidez, associado ao incremento das doses, justifica as reduções do diâmetro do colmo, massa seca e produtividade de grãos.

No desdobramento das doses em relação aos híbridos, os ajustamentos da regressão linear mostraram reduções da massa seca, diâmetro de colmo e produtividade de grãos, conforme o incremento das doses dos herbicidas (Figura 7).

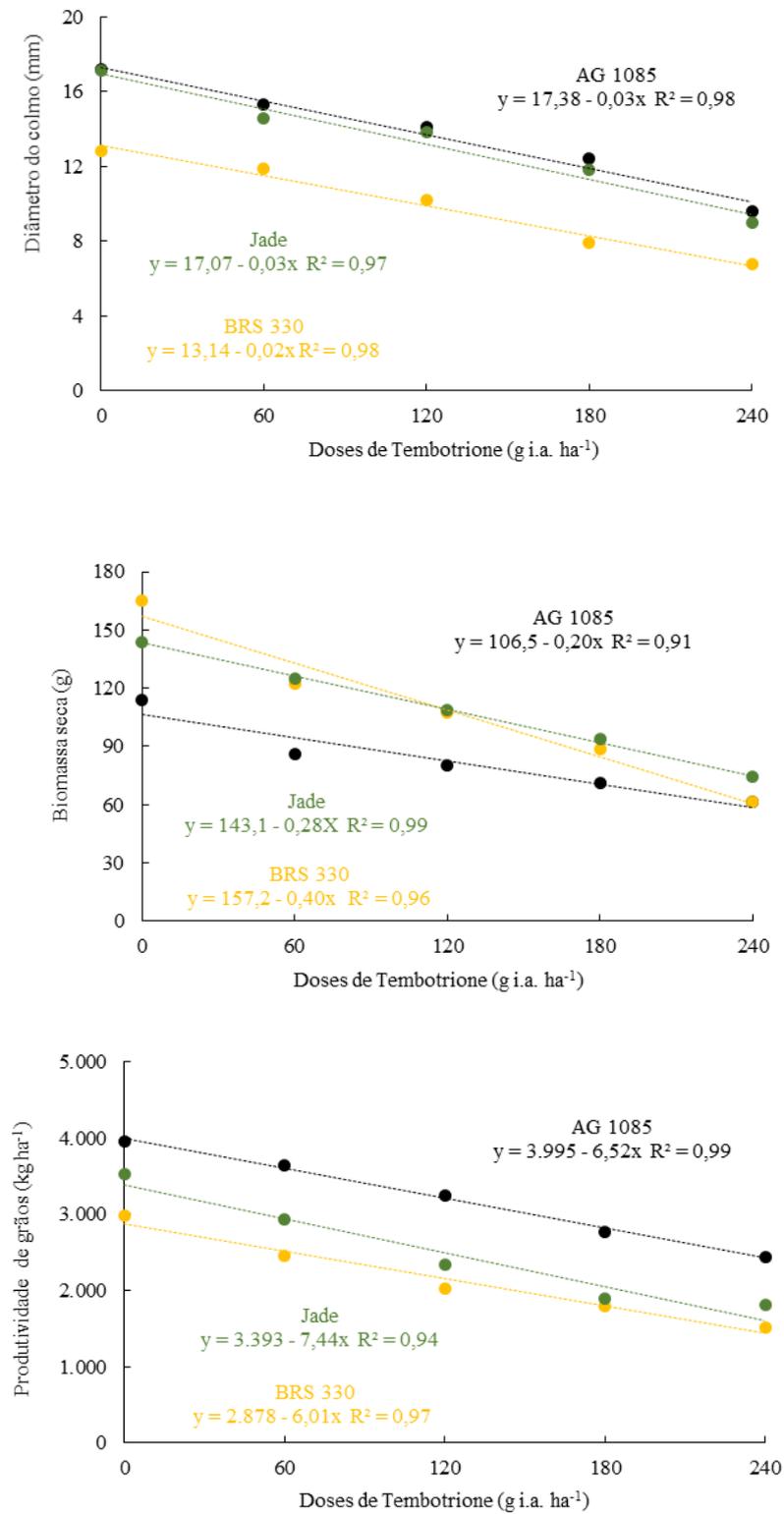


Figura 7. Diâmetro do colmo, massa seca e produtividade de grãos do sorgo granífero. Montividiu, 2016.

4.4. CONCLUSÃO

Os híbridos de sorgo apresentaram tolerância ao tembotrione quanto aos dados de fitointoxicação. Os híbridos Ranchero e AG 1085 foram os mais tolerantes ao tembotrione em Santa Helena de Goiás e Montividiu, respectivamente.

Os efeitos do tembotrione no sorgo granífero variam de acordo com as condições ambientais. Os níveis de fitointoxicação visual são menores em locais de baixa altitude, reduzida umidade relativa do ar e em anos com baixa precipitação.

Os sintomas causados pela ação do tembotrione no sorgo são potencializados em locais de maiores altitudes, temperaturas amenas e elevada umidade relativa do ar. Porém, nesses locais, a recuperação das plantas de sorgo é mais rápida.

A associação de atrazine e tembotrione aplicada no sorgo no estágio vegetativo, V₆ a V₇, reduz o peso de mil grãos e a produtividade final da cultura.

4.5. REFERÊNCIAS

ABIT, J. M.; AL-KHATIB, K.; REGEHR, D. L.; TUINSTRA, M. R.; CLAASSEN, M. M.; GEIER, P. W.; STAHLMAN, B. W.; GORDON, R. S. Currie Differential response of grain sorghum hybrids to foliar-applied mesotrione. **Weed Technology**, v. 23, n. 1, p. 28-33, 2009.

ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n. 2, p.124-130, 2010.

ARCHANGELO, E. R.; SILVA, J. B. DA; SILVA, A. A. DA; FERREIRA, L. R.; KARAM, D. Tolerância do sorgo forrageiro ao herbicida Primestra SC. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 2, p. 59-66, 2002.

ARMEL, G. R.; WILSON, H. P.; RICHARDSON, R. J. Mesotrione combinations in no-till corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, v. 17, n. 3, p. 111-116, 2003.

BRASIL, Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v. 8, n.16, p. 40-55, 2015.

CALVAYRAC C.; BONTEMPS, N.; NOUGA-BISSOUE, A. ROMDHANE, S.; COSTE, C. M.; COOPER, J. F. Photolysis of tembotrione and its main by-products

under extreme artificial conditions: comparison with another β -triketone herbicide. **Science Total Environmental**, v. 452, n. 1, p. 227-232, 2013.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; BLAINSKI, E.; HOMEM, L. M. Seletividade e eficácia agronômica do novo herbicida tembotriona para a cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, **Convivendo com as plantas daninhas**: resumos. Brasília, DF: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas: UnB: Embrapa Cerrados, 2006.

CUNHA, F. N.; VIDAL, V. M., SILVA, N. F.; SOARES, F. A. L.; BATISTA, P. F.; SANTOS, M. A.; MORAIS, W. A.; TEIXEIRA, M. B. Seletividade do herbicida tembotrione à cultura do sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.2, p. 281-293, 2016.

DAN, H. A.; BARROSO, A.L.L.; DAN, L. G. M.; PROCÓPIO, S.O.; FERREIRA FILHO, W. C; MENEZES, C.C.E. Tolerância do sorgo granífero ao herbicida tembotrione. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 615-620, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, E. A.; MATOS, C. C.; BARBOSA, E. A.; MELO, C. A. D.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B. Aspectos fisiológicos de soja transgênica submetida à competição com plantas daninhas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 115-121, 2015.

GALON, L.; FERNANDES, F. F.; ANDRES, A.; SILVA, A. F. DA; FORTE, C. T. Selectivity and efficiency of herbicides in weed control on sweet sorghum. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 2, p. 123-131, 2016.

GROSSMANN, K.; EHRHARDT, T. On the mechanism of action and selectivity of the corn herbicide topramezone: a new inhibitor of 4- hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. **Pest Management Science**, v. 63, n. 3, p. 429-439, 2007.

MACHADO, F. G.; JAKELAITIS, A.; GHENO, E. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. DE; RIOS, F. A.; FRANCHINI, L. H. M.; LIMA, M. S. Performance de herbicidas para o controle de plantas daninhas no sorgo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 3, p. 281-289, 2016.

MATEUS, P. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F DA S. Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasília**, v. 46, n. 10, p. 1161-1169, 2011.

MILLER, J. N.; REGEHR, D. L. Grain sorghum tolerance to postemergence mesotrione applications. **Weed Science**, v. 57, n. 2, p. 136-143, 2002.

OLIVEIRA, M. F.; KARAM, D. Plantas daninhas. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. Sistemas de produção, 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

RAMSEY, R. J. L.; STEPHENSON, G. R.; HALL, J. C. A review of the effects of humidity, humectants, and surfactant composition on the absorption and efficacy of highly water-soluble herbicides. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 82, n. 2 p. 162-175, 2005.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; ARAUJO FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA, J. B. DE; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Edição, Brasília-DF, Embrapa, 2018.

SILVA, A. G.; FRANCISCHINI, R.; GOULART, M. M. P. Desempenho agrônomo e econômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em Montividiu-GO. **Revista da Agricultura**, v. 90, n. 1, p.17 - 30, 2015.

STAHLMAN, P. W.; WICKS, G. A. Weeds and their control in grain sorghum. In: Smith, C.W.; Frederiksen, R. A. (eds.). *Sorghum: Origin, History, Technology, and Production*. 2000, 155 p.

STEPHENSON, D. O., BOND, J. A., LANDRY, R. L., EDWARDS, H. M. Weed management in corn with postemergence applications of tembotrione or thiencazone: tembotrione. **Weed Technology**, v. 29, n. 3, p. 350-358, 2015.

VELINI, E. D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D. L. P. (Coord.). **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBPC, 1995. 42 p.

WILLIAMS, M. BOYDSTON, R., PEACHEY, R., ROBINSON, D. Significance of atrazine as a tank-mix partner with tembotrione. **Weed Technology**, v. 25, n. 3, p. 299-302, 2011.

5. CAPÍTULO III

ESTÁDIO DE APLICAÇÃO E DOSES DE TEMBOTRIONE EM SORGO GRANÍFERO NA REGIÃO DOS CERRADOS

TEMBOTRIONE APPLICATION AND DOSE TIMING IN GRANIFEROUS SORGHUM IN THE BRAZILIAN CERRADO REGION

RESUMO - O sorgo é uma das importantes culturas semeadas em sucessão à soja para a produção de grãos na região dos Cerrados. Entretanto, o controle químico de plantas daninhas na cultura é limitado pela baixa quantidade de herbicidas seletivos. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a tolerância do sorgo granífero ao tembotrione em diferentes épocas e doses de aplicação. Dois experimentos a campo foram conduzidos por dois anos consecutivos nos municípios de Rio Verde e Montividiu-GO. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados fatorial $3 \times 2 + 1$, correspondendo a três estádios vegetativos de aplicação (V_3 , V_5 e V_7), associados a doses do herbicida tembotrione (90 e 180 g i.a. ha^{-1}) em conjunto com atrazine, acrescido de um tratamento adicional referente à testemunha sem herbicida. Foram avaliadas a fitointoxicação das plantas de sorgo, as características agronômicas e a produtividade de grãos. Em ambos os locais, as injúrias foram acentuadas em V_3 . Os herbicidas apresentaram viabilidade de utilização quanto à fitotoxidez em V_5 e V_7 na dose de atrazine + tembotrione 90 g i.a. ha^{-1} . O sorgo apresentou tolerância ao tembotrione com recuperação aos 28 DAA. A dose de atrazine + tembotrione de 180 g i.a. ha^{-1} aplicada em V_3 reduziu a altura e o diâmetro do colmo das plantas de sorgo, o

que não ocorreu para V₅ e V₇. Aplicações em V₅ reduziram as panículas em ambos os locais. Os índices de colheitas foram influenciados pelo tamanho das panículas e pelo peso da biomassa seca. Reduções no peso de mil grãos ocorreram em Rio Verde no primeiro ano. Na comparação com a testemunha, foram constatadas reduções na produtividade de grãos nos dois anos consecutivos em ambos os locais, exceto na dose de atrazine + tembotrione de 90 g i.a. ha⁻¹ no estágio V₇, na safrinha de 2018. As características agronômicas e a produtividade de grãos do sorgo apresentaram diferentes respostas em relação às doses dos herbicidas, estádios de aplicação e aos locais de semeadura.

PALAVRAS-CHAVE: tolerância, graminicida, *Sorghum bicolor*, produtividade, fitotoxidez

ABSTRACT - The Sorghum is one of the important crops sown for the succession of soybeans on grain yield in the Brazilian Cerrado region. However, chemical weed control in crops is limited due to the low amount of selective herbicides. In this sense, this study aimed to evaluate the sorghum tolerance to tembotrione herbicide at different times and application doses. Two field experiments were carried out in the municipalities of Rio Verde and Montividiu, Goiás State (GO), Brazil, for two consecutive years. Randomized block design was used, and seven treatments arranged in the 3x2+1 factorial scheme were evaluated, corresponding to three vegetative stages of application (V₃, V₅, and V₇), associated with tembotrione herbicide doses (90 and 180 g a.i. ha⁻¹) together with atrazine and adding a control treatment without herbicide. The phytointoxication of sorghum plants, agronomic characteristics, and grain yield were evaluated. In both places, the damages were worsen in V₃. Herbicides showed viability for phytotoxicity in V₅ and V₇ at the dose of atrazine + tembotrione 90 g a.i. ha⁻¹. Sorghum showed tolerance to tembotrione and recovery at the 28th Day After Application. The atrazine + tembotrione 180 g a.i. ha⁻¹ dose applied to V₃ decreased the stem height and diameter of sorghum plants, which has not occurred for V₅ and V₇. Applications in V₅ have decreased panicles at both locations. Crop rates were affected by panicle size and by dry biomass weight. Decreasing in one thousand grains in weight occurred in Rio Verde in the first year. Compared to the control treatment, decreasing in grain yield was found for two consecutive years at both sites, except for

the atrazine + tembotrione 90 g a.i. ha⁻¹ dose at V₇ stage in the 2018 off-season. The sorghum grain agronomic characteristics and yield showed different responses in relation to herbicide doses, application stages, and sowing sites

KEYWORDS: *Sorghum bicolor*. Graminicide. Phytotoxicity. Productivity. Tolerance.

5.1 INTRODUÇÃO

O sorgo é uma das culturas de grande importância para a produção de grãos no Cerrado, pois apresenta amplo potencial de cultivo em sucessão à soja. Trata-se de uma gramínea originária da África, que tem características peculiares como capacidade de suportar déficits hídricos e elevadas temperaturas (Andrade Neto et al., 2010). Além da produção de grãos, auxilia na formação de biomassa para o recobrimento da superfície do solo, essencial para a manutenção do sistema de plantio direto (Leal et al., 2013).

No Brasil, os grãos de sorgo destinam-se essencialmente ao arraçamento animal (Menezes et al., 2014; Silva et al., 2014). Com isso, destaca-se em importância do ponto de vista econômico, principalmente quando ocorre escassez do milho no mercado, o que eleva os custos da alimentação animal e aumenta a demanda pelo sorgo na fabricação de rações (Albuquerque et al., 2014). Apesar de ser uma cultura de destaque para a produção de grãos e forragens, existem poucos estudos referentes à seletividade de herbicidas para o controle da comunidade infestante, em especial, com relação às gramíneas infestantes. Também são mínimas as opções para o manejo de plantas daninhas na cultura (Freitas et al., 2006; Abit et al., 2009; Cabral et al., 2013).

Nos Estados Unidos, alguns herbicidas como o metolachlor, acetolachlor, atrazine, carfentrazone e dicamba são recomendados para uso no sorgo, podendo ser utilizados em aplicações em pré e pós-emergência, ou na dessecação pré-semeadura. Porém, devem ser seguidas algumas recomendações, como intervalo para a semeadura após as aplicações (Thompson et al., 2016).

O controle químico de plantas daninhas no sorgo é limitado pela baixa disponibilidade de herbicidas registrados para uso em pré e pós-emergência no Brasil (Machado et al., 2016). Alguns herbicidas do grupo das triazinas como o atrazine são utilizados, principalmente para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas e algumas gramíneas (Cunha et al., 2016). O princípio ativo do atrazine corresponde ao herbicida mais utilizado na cultura do sorgo no Brasil, mas ele controla, em geral, folhas

largas e apenas algumas espécies de folhas estreitas, o que favorece o aumento da incidência de gramíneas nas lavouras de sorgo, comprometendo, assim, a produção da cultura (Oliveira e Karam, 2012; Machado et al., 2016).

A busca por diferentes mecanismos de ação que possam ser usados no manejo químico no sorgo torna-se essencial para a consolidação dessa cultura no Brasil (Galon et al., 2016). É de fundamental importância a identificação de um herbicida graminicida seletivo ao sorgo que possa ser aplicado em pós-emergência (Dan et al., 2010).

Entre os herbicidas de ação graminicida com potencial para utilização em pós-emergência da cultura do sorgo, destacam-se os inibidores da síntese de carotenoides, principalmente os que inibem a enzima p-hidroxifenilpiruvato desidrogenase (HPPD) (Miller e Regehr, 2002; Abit et al., 2009). Tricetonas, isoxazole e pirazoles são exemplos de grupos químicos que inibem a HPPD, responsável pela conversão do p-hidroximetilpiruvato a homogentisato. A partir desta conversão, ocorre a síntese de plastoquinona, e sua inibição dá início aos sintomas de branqueamento nas folhas que emergem após a aplicação. Estes sintomas resultam na inibição indireta da síntese de carotenoides pelo envolvimento da plastoquinona como cofator da fitoeno desaturase (Sensemam, 2007). Neste sentido, o tembotrione, que pertence ao grupo das tricetonas, tem sido relatado como uma alternativa para o controle de gramíneas no sorgo (Calvayrac et al., 2013).

Apesar de alguns estudos terem mostrado a viabilidade de uso do tembotrione no sorgo em pós-emergência, a determinação da dose e do estágio de aplicação ainda é fator limitante para o posicionamento do herbicida. Além disso, a maioria desses estudos foi desenvolvida em condições controladas, descartando-se os fatores ambientais em condições de campo. Estudos regionalizados em diferentes híbridos de sorgo devem ser conduzidos para complementar as informações sobre a seletividade de herbicidas para o sorgo granífero (Dan et al., 2012; Machado et al., 2016).

O sorgo pode apresentar diferentes respostas de tolerância ao tembotrione, dependendo da região de cultivo, dos híbridos utilizados e das condições ambientais. Esse conjunto de fatores pode influenciar desde o momento das aplicações até a recuperação da fitotoxidez ocasionada pelo herbicida. Assim, este estudo teve o objetivo de avaliar a tolerância do sorgo granífero ao tembotrione aplicado em diferentes estádios vegetativos na região Sudoeste de Goiás.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados dois experimentos a campo em dois anos consecutivos, nos municípios de Rio Verde (17°52'55" S e 50 55' 43" O 740 m de altitude) e Montividiu (17°22'58" S e 51°22'40" O, 905 m de altitude), nas safrinhas de 2017 e 2018.

O clima da região é do tipo tropical (Aw), com período seco no inverno e concentração de chuvas no verão. As médias anuais de precipitações de chuva e temperatura na região são de 1.500 mm e 23°C, respectivamente (Cardoso et al., 2015). Os dados meteorológicos coletados nos anos dos experimentos estão dispostos na Figura 1.

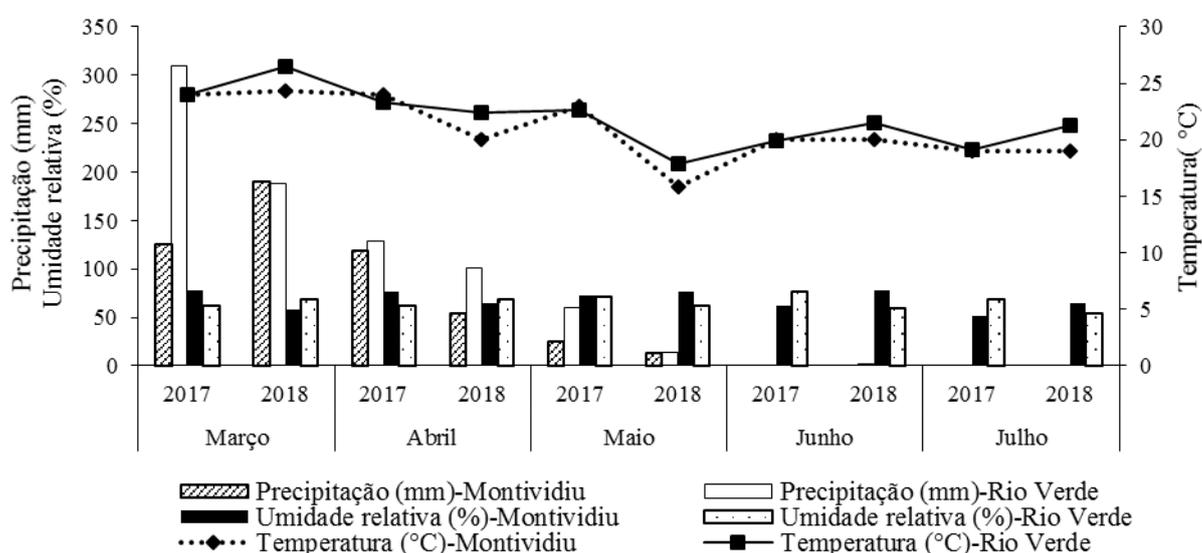


Figura 1. Dados de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média (°C) durante o período de condução dos experimentos. Montividiu e Rio Verde-GO, 2017 e 2018.

O solo do experimento em Rio Verde foi classificado como Latossolo Vermelho escuro distrófico e o de Montividiu, como Latossolo Vermelho amarelo distrófico (Santos et al., 2018). Antes da instalação dos experimentos, foi feita análise de solo para caracterização química e física na camada de 0,0 a 0,20 m. Em Rio Verde, os resultados foram pH CaCl₂: 4,6 e 5,9; Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺ H+Al: 1,8 e 4,2; 0,3 e 1,3; 0,5 e 0,2; 0,2 e 0,1; 7,5 e 4,3 em cmol_c dm⁻³; P: 15,9 e 3,8 mg dm⁻³; M.O., Argila, Silte e Areia: 274 e 277; 225 e 393; 78 e 120; 696 e 482 g kg⁻¹, em 2017 e 2018, respectivamente. Os resultados das análises em Montividiu apresentaram pH CaCl₂:

5,7 e 5,6; Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Al^{3+} H+Al: 3,4 e 3,3; 0,8 e 0,9; 0,2 e 0,4, 0,01 e 0,05; 2,1 e 4,5 em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; P: 71,1 e 37,6 mg dm^{-3} ; M.O., Argila, Silte e Areia: 224 e 226; 348 e 249; 120 e 68; 529 e 683 g kg^{-1} , respectivamente, nas safrinhas de 2017 e 2018.

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com seis repetições no primeiro ano e quatro repetições no segundo. Em ambas as localidades, foi utilizado o híbrido de sorgo granífero BRS 380 em razão do seu amplo cultivo na região. Adotou-se o esquema fatorial $(3 \times 2) + 1$, sendo três estádios vegetativos de aplicação (V_3 , V_5 e V_7), duas doses do herbicida tembotrione (90 e 180 g i.a. ha^{-1}), associadas ao atrazine (Atrazinax[®] - 1.000 g i.a. ha^{-1}), além da testemunha sem herbicida. Na preparação da calda, foi adicionado 0,1% do éster metílico de óleo de soja (Áureo[®]).

A semeadura foi feita em área de plantio direto, após a colheita da soja, de forma mecanizada, na primeira quinzena de março, sendo adotada uma densidade que possibilitasse a obtenção de uma população final de 200.000 plantas por hectare. As parcelas experimentais foram formadas por quatro linhas espaçadas de 0,5 m, com seis metros de comprimento, perfazendo uma área total de 12 m^2 e área útil de 5 m^2 formada pelas duas linhas centrais, desconsiderando meio metro das extremidades. As parcelas foram mantidas sem interferência de plantas daninhas por meio de capinas manuais.

As aplicações dos herbicidas foram padronizadas e feitas com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado a CO_2 , munido de barra com quatro pontas Teejet XR 110.02, tipo leque duplo com indução a ar, espaçadas em 0,5 m, com pressão de 2 kgf/cm^2 e volume de calda de 150 L ha^{-1} . Os dados climatológicos médios registrados no momento das aplicações em Rio Verde foram: temperaturas de 22,5 e 23,0; 19,0 e 23,8; 24,5 e 28,3 $^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar de 49 e 65; 67 e 56; 53,2 e 52,9 % e velocidade do vento: 1,9 e 2,8; 3,8 e 2,4; 2,9 e 2,5 m/s^{-2} . Em Montividiu, registraram-se temperaturas de 25,4 e 27; 23 e 28,8; 26 e 29,6 $^{\circ}\text{C}$; umidade relativa do ar de 53,0 e 55,0; 68,0 e 58,6; 62,1 e 39,0 %; e velocidade do vento de 2,3 e 3,2; 3,2 e 1,2, 2,2 e 2,1 m/s^{-2} durante as aplicações nos estádios vegetativos V_3 , V_5 e V_7 , nas safrinhas de 2017 e 2018, respectivamente, em ambas as localidades.

A intoxicação em percentual de plantas de sorgo foi avaliada visualmente na folha mais nova, utilizando o índice da European Weed Research Council (EWRC, 1964), sendo: 1. Nenhum dano; 2. Descoloração, deformação em algumas plantas; 3. Descoloração, deformação em muitas plantas; 4. Forte descoloração (amarelecimento);

5. Necrosamento (queima) de algumas folhas em especial nas margens acompanhado de deformação em folhas e brotos; 6. Redução no porte das plantas, encarquilhamento e necrose das folhas; 7. Mais de 80% das folhas destruídas; 8. Danos extremamente graves, sobrando pequenas áreas verdes nas plantas; e 9. Morte das plantas.

Foram atribuídas notas percentuais, determinando a intensidade de injúrias observadas na cultura: nota zero se referia a nenhum dano à cultura e 100%, à morte de todas as plantas (Velini et al., 1995). As avaliações foram feitas aos 2, 7, 14 e 28 dias após as aplicações (DAA) dos herbicidas.

As avaliações das características agronômicas foram feitas na área útil da parcela ao final do ciclo da cultura. Foi utilizada trena graduada para medições de cinco plantas por parcela, obtendo os comprimentos das panículas e das alturas das plantas, tendo como referência a distância do colo à extremidade da panícula. O diâmetro de colmo foi obtido com auxílio de paquímetro digital após a inserção da última folha. Posteriormente às medições, as plantas do sorgo foram coletadas para determinação da massa seca total e obtenção dos índices de colheita, após secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C por 72 h a partir da proporção do peso do grão comercial pelo peso da biomassa seca da parte aérea da planta.

Foram obtidas as estimativas do número de panículas por hectare. Após a contabilização, as amostras foram trilhadas mecanicamente e as sementes, pesadas para determinação da produtividade (kg ha^{-1}) com correção de umidade para 13%, bem como a massa de mil grãos, de acordo com as Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de significância, sendo feita a transformação dos dados de fitointoxicação conforme a expressão $(\sqrt{x+1})$, seguindo os pressupostos da análise de variância para homogeneização dos dados. Na detecção de efeito significativo dos estádios de aplicação e das doses dos herbicidas, foram aplicados o teste de Tukey para comparação entre as médias e o teste de Dunnet para comparação dos tratamentos com a testemunha, ambos a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico Assisat (Silva e Azevedo, 2009).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1. Fitointoxicação

Os sintomas mais acentuados de fitotoxidez foram constatados para as aplicações feitas no estágio vegetativo V₃, ou seja, quando o sorgo apresentava de três a quatro folhas expandidas, independentemente da dose utilizada e época de avaliação (Tabela 1).

Tabela 1. Médias das notas das avaliações visuais e dos percentuais de toxidez do sorgo granífero BRS 380. Rio Verde e Montividiu-GO, 2017 e 2018.

Estádios	--- Tratamentos--- Herbicida (g ia ha ⁻¹)	2 DAA		7 DAA		14 DAA		28 DAA	
		EWRC	%	EWRC	%	EWRC	%	EWRC	%
Rio Verde (2017)									
V ₃	Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	2	9,3	5	14,0	4	12,5	4	6,7
V ₃	Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	2	11,2	5	27,5	4	24,2	4	11,3
V ₅	Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	3	6,7	3	9,0	3	8,5	2	4,5
V ₅	Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	3	10,0	3	14,0	4	12,0	4	5,5
V ₇	Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	2	8,3	2	9,2	3	9,0	2	4,7
V ₇	Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	3	10,8	3	13,7	3	13,3	3	9,0
	Testemunha	1	0,0	1	0,0	1	0,0	1	0,0
Rio Verde (2018)									
V ₃	Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	2	4,5	3	15,0	3	16,3	2	12,5
V ₃	Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	2	8,8	3	32,5	3	26,3	2	20,0
V ₅	Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	2	5,5	3	9,5	5	14,3	2	6,8
V ₅	Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	2	7,0	3	11,3	5	16,3	2	8,0
V ₇	Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	2	4,8	2	5,5	3	4,0	2	2,3
V ₇	Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	2	4,5	2	6,8	2	6,3	2	3,0
	Testemunha	1	0,0	1	0,0	1	0,0	1	0,0
Montividiu (2017)									
V ₃	Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	4	10,0	5	15,0	5	22,5	4	11,7
V ₃	Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	4	10,7	5	22,5	5	41,7	4	20,8
V ₅	Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	2	4,3	3	7,0	3	6,5	3	4,8
V ₅	Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	3	6,2	3	9,7	3	12,7	3	7,7
V ₇	Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	2	3,7	2	3,7	3	3,2	2	3,2
V ₇	Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	2	4,7	2	5,0	3	5,0	2	4,2
	Testemunha	1	0,0	1	0,0	2	0,0	1	0,0
Montividiu (2018)									
V ₃	Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	3	10,0	5	17,5	5	42,5	2	13,8
V ₃	Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	3	15,0	5	25,0	5	56,3	2	18,8
V ₅	Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	2	4,8	3	8,0	2	12,5	2	3,3
V ₅	Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	2	6,8	4	15,0	3	16,8	2	6,8
V ₇	Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	2	4,0	2	9,8	2	7,5	2	1,5
V ₇	Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	2	4,3	2	8,8	2	13,5	2	4,5
	Testemunha	1	0,0	1	0,0	1	0,0	1	0,0

Nas observações feitas em Rio Verde para esse estágio V₃, foram atribuídas notas 4 e 5 no primeiro ano da avaliação. Os sintomas se caracterizaram por forte descoloração, necrosamento e queima das folhas, o que não foi evidenciado no ano seguinte, quando foi verificada atenuação das injúrias. O comprometimento das plantas de sorgo chegou a uma média máxima de 27,5 e 32,5% aos 7 DAA em 2017 e 2018, respectivamente, sendo essas taxas as maiores registradas na dose de 180 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione.

No que se refere às aplicações em V₅, os sintomas de forte descoloração no tecido foliar permaneceram até os 7 DAA da dose de atrazine + tembotrione (1000 + 180 g i.a. ha⁻¹), sendo atribuída nota 4 no primeiro ano de avaliação. Por outro lado, na safrinha de 2018 aos 14 DAA, as injúrias se reduziram. Nas avaliações feitas em V₇, verificou-se que os sintomas de fitotoxidez no sorgo foram reduzidos. Aplicações de tembotrione em estádios fenológicos mais avançados resultam em menores danos às plantas (Dan et al., 2010).

Em Montividiu, as maiores notas da escala (notas 4 e 5) também corresponderam à utilização dos herbicidas no estágio vegetativo V₃, porém, diferentemente das constatações em Rio Verde, ocorreram em ambos os anos de avaliação. As taxas de fitointoxicação continuaram a aumentar até os 14 DAA com máxima de 41,7 e 56,3% em 2017 e 2018, respectivamente.

Nas aplicações em V₅ e V₇, os sintomas foram reduzidos em comparação à V₃ (notas 2 e 3), ocorrendo despigmentação do tecido foliar das plantas de sorgo, resultando no fenômeno “albinismo” (Abit et al., 2009; Oliveira Júnior et al., 2011). Esses mesmos sintomas foram descritos em estudos conduzidos em Rio Verde com aplicações em pré-emergência do herbicida clomazone, alcançando taxas de fitotoxidez que comprometeram até 50% das plantas de sorgo aos 14 DAE (Machado et al., 2016).

As Tabelas 2 e 3 mostram o resumo da análise de variância para a fitointoxicação das plantas de sorgo, das características agrônômicas e a produtividade de grãos.

Tabela 2. Resumo da análise de variância (valores do F calculado) dos dados de fitointoxicação, características agrônômicas, componentes de rendimento e produtividade do sorgo granífero BRS 380. Altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (COL), comprimento das panículas (CPA), número de panículas (NPA), índice de colheita (ICO), biomassa seca total (MAS), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD). Rio Verde-GO, 2017 e 2018.

Fonte de Variação	GL	--- Fitointoxicação (DAA) ---				--- Características agrônômicas ---							
		2	7	14	28	ALT	COL	CPA	NPA	ICO	MAS	PMG	PROD
Rio Verde (2017)													
Estádio (E)	2	4,54*	32,78**	14,4**	7,39**	18,38**	14,39**	24,04**	0,10 ^{ns}	19,6**	1,2 ^{ns}	11,12**	8,1**
Herbicida (H)	1	22,90**	55,67**	25,4**	15,40**	13,84**	1,25 ^{ns}	7,57**	0,02 ^{ns}	4,7*	0,4 ^{ns}	1,28 ^{ns}	21,28**
E x H	2	1,06 ^{ns}	4,00*	2,2 ^{ns}	1,47 ^{ns}	1,89 ^{ns}	0,05 ^{ns}	6,63**	0,07 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,30 ^{ns}
Fat. vs Test.	1	365,87**	226,84**	128,1**	89,75**	44,23**	0,36 ^{ns}	28,68**	0,09 ^{ns}	7,6**	15,0**	3,37 ^{ns}	76,6**
Resíduo	30												
Média		8,0	12,1	11,4	5,9	119,8	1,3	20,2	208.253	28,9	469,3	22,4	2.794
C. V. (%)		9,0	10,8	14,6	16,7	6,1	11,1	8,0	18,4	17,5	24,6	7,5	17,8
Rio Verde (2018)													
Estádio (E)	2	101,52**	34,86**	47,31**	36,9**	63,16**	8,13**	71,6**	1,7 ^{ns}	5,54*	3,18 ^{ns}	2,96 ^{ns}	24,52**
Herbicida (H)	1	33,92**	5,40*	2,36 ^{ns}	3,76 ^{ns}	4,78*	0,26 ^{ns}	1,4 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	3,42 ^{ns}	1,86 ^{ns}	19,39**
E x H	2	15,81**	0,62 ^{ns}	0,21 ^{ns}	1,18 ^{ns}	3,58*	0,46 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,02 ^{ns}	1,79 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,28 ^{ns}
Fat. vs Test.	1	232,65**	86,06**	60,63**	46,42**	31,86**	0,93 ^{ns}	28,5**	0,8 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,99 ^{ns}	6,31*	32,60**
Resíduo	18												
Média		5,0	11,5	11,5	7,5	108,8	1,4	22,2	241.714	36,2	462,5	24,7	2.639
C. V. (%)		9,8	16,6	18,7	19,7	4,7	10,8	7,8	15,4	13,2	26,8	16,9	13,1

C.V. (%): coeficiente de variação; Fat.: fatorial; Test.: Testemunha. ^{ns}: não significativo. ** e * significativo a 1% e 5% pelo teste de F, respectivamente.

Tabela 3. Resumo da análise de variância (valores do F calculado) dos dados de fitointoxicação, características agronômicas, componentes de rendimento e produtividade do sorgo granífero BRS 380. Altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (COL), comprimento das panículas (CPA), número de panículas (NPA), índice de colheita (ICO), biomassa seca total (MAS), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD). Montividiu-GO, 2017 e 2018.

Fonte de Variação	GL	--- Fitointoxicação (DAA) ---				--- Características agronômicas ---							
		2	7	14	28	ALT	COL	CPA	NPA	ICO	MAS	PMG	PROD
Montividiu (2017)													
Estádio (E)	2	65,46**	39,99**	118,19**	56,67**	7,74**	16,09*	27,56**	0,83 ^{ns}	9,47**	23,33**	0,56 ^{ns}	42,59**
Herbicida (H)	1	7,74**	7,50*	27,58**	15,46**	8,58**	0,05 ^{ns}	10,48**	2,94 ^{ns}	13,31**	20,51**	0,01 ^{ns}	6,78*
E x H	2	0,98 ^{ns}	0,89 ^{ns}	4,15*	2,22 ^{ns}	0,12 ^{ns}	2,04 ^{ns}	0,41 ^{ns}	1,06 ^{ns}	3,62*	2,55 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Fat. vs Test.	1	239,39**	58,79**	79,52*	95,26**	29,43**	1,69 ^{ns}	7,21*	1,48 ^{ns}	24,16**	6,06*	6,85*	79,95**
Resíduo	30												
Média		5,6	9,1	13,3	7,5	117,0	1,4	27,0	213.714	35,6	455,5	24,0	2.415
C. V. (%)		10,1	19,9	16,8	17,0	6,9	11,0	8,6	20,4	25,5	25,2	8,0	22,7
Montividiu (2018)													
Estádio (E)	2	92,62**	12,27**	130,17**	40,62**	10,24**	11,55**	31,46**	2,05 ^{ns}	0,37 ^{ns}	3,79*	1,78 ^{ns}	8,9**
Herbicida (H)	1	17,50**	3,43 ^{ns}	15,83**	11,48**	4,51*	7,68*	2,3 ^{ns}	0,53 ^{ns}	24,21**	0,21	2,27 ^{ns}	49,2**
E x H	2	4,28*	2,2 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,11 ^{ns}	3,13 ^{ns}	2,69 ^{ns}	5,55*	0,51 ^{ns}	3,56*	6,12**	0,24 ^{ns}	6,22**
Fat. vs Test.	1	243,70**	56,19**	196,83**	40,84**	10,20**	0,5 ^{ns}	32,74**	0,36 ^{ns}	8,85**	13,53**	0,6 ^{ns}	112,5**
Resíduo	18												
Média		6,4	12	21,2	6,9	112,4	1,3	23,2	196.857	38,1	561,4	26,2	2.649
C.V. (%)		8,4	20,2	11,7	20,4	5,8	9,0	6,5	18,5	7,4	14,7	11,6	10,5

C.V.: coeficiente de variação; Fat.: fatorial; Test.: Testemunha. ^{ns} não significativo. ** e * significativo a 1% e 5% pelo teste de F, respectivamente.

5.3.2. Experimento em Rio Verde-GO

No primeiro ano de condução dos experimentos, constatou-se que a fitotoxidez foi acentuada nas aplicações feitas em V₃, com injúrias mais evidentes no tratamento atrazine + tembotrione (1000 + 180 g i.a. ha⁻¹) (Tabela 4). Aos 2 e 28 DAA, as médias percentuais de fitointoxicação foram semelhantes nos estádios V₃ e V₅. Aos 7 e 14 DAA, as injúrias nas plantas de sorgo resultantes das aplicações em V₃ foram mais acentuadas.

Da mesma forma como ocorreu no primeiro ano de condução dos experimentos, no ano seguinte, os tratamentos com tembotrione em V₃, na maioria das avaliações e independentemente da dose utilizada, foram mais prejudicados pela ação dos herbicidas (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados médios da fitointoxicação das plantas de sorgo granífero BRS 380 com aplicações em diferentes estádios vegetativos e doses de herbicidas. Rio Verde-GO, 2017 e 2018.

Herbicida (g i.a. ha ⁻¹)	--- Safrinha/2017 ---				--- Safrinha/2018 ---			
	Estádio				Estádio			
	V ₃	V ₅	V ₇	Média	V ₃	V ₅	V ₇	Média
	2 DAA (%)							
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	9,3 *	8,3 *	6,6 *	8,1 b	4,5 Ab*	5,5 Ba*	4,7 Ca*	3,2 b
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	11,1 *	10,8 *	10,0 *	10,6 a	8,7 Aa*	7,0 Ba*	4,5 Ca*	4,0 a
Média	10,2 A	8,3 AB	8,3 B		4,9 A	3,4 B	2,6 C	
Testemunha		0,0				0,0		
	7 DAA (%)							
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	14,0 Ab*	9,0 Bb*	9,1 Bb*	10,7 b	15,0 *	9,5 *	5,5 *	10,0 b
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	27,5 Aa*	14,0 Ba*	13,6 Ba*	18,4 a	32,5 *	11,2 *	6,7 *	16,8 a
Média	20,7 A	11,5 B	11,4 B		23,7 A	10,3 A	6,1 B	
Testemunha		0,0				0,0		
	14 DAA (%)							
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	12,5 Ab*	8,5 Aa*	9,0 Aa*	10 b	16,2 *	14,2 *	4,0	11,5 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	24,1 Aa*	12,0 Ba*	13,3 Ba*	16,5 a	23,7 *	16,2 *	6,2 *	15,4 a
Média	18,3 A	10,2 B	11,1 B		20,0 A	15,2 B	5,1 C	
Testemunha		0,0				0,0		
	28 DAA (%)							
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	6,7 *	4,7 *	4,5 *	5,2 b	12,5 *	6,7 *	2,2	7,2 b
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	11,3 *	9,0 *	5,6 *	8,6 a	20,0 *	8,0 *	3,0	10,3 a
Média	9,0 A	6,8 AB	5,0 B		16,3 A	7,4 B	2,6 C	
Testemunha		0,0				0,0		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade *Diferem da testemunha pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Não foi detectada interação nesse período, diferentemente do que ocorreu aos 7 DAA no primeiro ano. Aos 2, 14 e 28 DAA, as taxas de fitointoxicação do sorgo diferiram nos estádios de aplicação, levando a crer que o sorgo no período de desenvolvimento mais avançado apresenta maior tolerância ao tembotrione. Fato semelhante foi registrado por Dan et al. (2010).

Os tratamentos diferiram da testemunha em relação à fitotoxidez, independentemente do estádio e da dose de herbicida utilizado na safrinha de 2017 (Tabela 4). Porém, pode-se afirmar que o sorgo apresentou tolerância ao tembotrione em razão da emissão das folhas jovens sem sintomas e, principalmente, da redução da fitotoxidez aos 28 DAA em ambos os anos. A emissão de folhas jovens sem injúrias se contrapõe ao que se esperava do branqueamento nas folhas que emergem após a aplicação, conforme descrito por Sensemam (2007). Isto evidencia uma recuperação das plantas de sorgo.

Além da seletividade do tembotrione na cultura do sorgo discutida até então, um outro fator decisivo para a adoção deste herbicida está relacionado ao controle das plantas daninhas. As aplicações em pós-emergência do tembotrione podem ter um nível diferencial de eficácia entre as principais espécies de gramíneas presentes nas áreas cultivadas com sorgo no Centro-Oeste do Brasil. Desta forma, o capim-colchão (*Digitaria horizontalis*) é mais sensível ao herbicida do que o timbete (*Cenchrus echinatus*). O controle destas espécies foi satisfatório com doses acima de 88 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione. No entanto, o controle de timbete foi satisfatório apenas com doses de 126 g i.a. ha⁻¹ (Dan et al., 2012). Cabe ressaltar que estas espécies são predominantes nas lavouras do Centro-Oeste e que doses intermediárias a estas para o manejo nas lavouras, como a utilização de 90 g i.a. ha⁻¹ de tembotrione, levam a crer possam ser uma alternativa viável de controle da comunidade infestante.

Estudos conduzidos no Paraná destacaram que o tembotrione associado ao atrazine, ou aplicado de forma isolada, apresentou eficácia no controle de capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*), capim-colchão (*Digitaria horizontalis*) e picão-preto (*Bidens pilosa*) (Zagonel e Fernandes, 2007). Estes mesmos autores relataram sintomas de fitotoxidez até 14 DAA no milho, não havendo posteriormente injúrias na cultura e reflexos negativos na produtividade de grãos. A recuperação da toxidez pelas plantas de sorgo foi semelhante às constatações deste estudo.

A altura das plantas de sorgo foi influenciada pelo tembotrione no primeiro ano. A elevada fitointoxicação resultante das aplicações no sorgo em V₃ influenciou negativamente no desenvolvimento das plantas, sendo mais notável na dose de atrazine + tembotrione (1000 + 180 g i.a. ha⁻¹) (Tabela 5). Fato semelhante pode ser observado no desdobramento da interação dos fatores para o segundo ano, quando as aplicações feitas em V₃ e V₅ apresentaram médias de alturas semelhantes, mas ambas inferiores a V₇ e à testemunha sem herbicida. Isto reforça a hipótese de que o sorgo é mais sensível ao tembotrione em estádios iniciais de desenvolvimento.

Tabela 5. Resultados médios das características agrônômicas e produtividade do sorgo granífero BRS 380 com aplicação de tembotrione em diferentes estádios vegetativos e doses. Rio Verde-GO, 2017 e 2018.

Herbicida (g i.a. ha ⁻¹)	--- Safrinha/2017 ---				--- Safrinha/2018 ---			
	Estádio				Estádio			
	V ₃	V ₅	V ₇	Média	V ₃	V ₅	V ₇	Média
	Altura de plantas (cm)							
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	113,2 *	121,6 *	129,2	121,3 a	96,8 Ba*	100,6 Ba*	129,4 Aa	108,9 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	105,0 *	105,8 *	124,8 *	112,1 b	97,9 Ba*	97,9 Ba*	117,2 Ab	104,3 b
Média	109,4 B	113,7 A	127 A		97,3 B	99,2 B	123,3 A	
Testemunha		138,5				122,3		
	Diâmetro do Colmo (cm)							
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	1,2	1,5	1,4	1,4 a	1,3	1,5	1,4	1,4 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	1,2	1,5	1,5	1,4 a	1,1	1,5	1,4	1,3 a
Média	1,2 B	1,5 A	1,4 A		1,2 B	1,5 A	1,4 A	
Testemunha		1,35				1,3		
	Comprimento de panícula (cm)							
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	18,9 Ba*	20,8 ABa*	21,5 Aa	20,5 a	19,1 *	18,3 *	28,4	21,9 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	16,2 Bb*	17,8 Bb*	22,8 Aa	19,0 b	17,6 *	18,8 *	26,7	21,0 a
Média	17,6 C	19,3 B	22,1 A		18,3 B	18,5 B	27,5 A	
Testemunha		23,5				26,5		
	Número de panículas (pan. ha ⁻¹)							
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	202.222	207.111	210.000	206.444 a	232.666	254.666	253.333	246.888 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	209.777	202.666	213.333	208.592 a	220.666	269.000	236.333	242.000 a
Média	206000 A	204.888 A	211.666 A		226666 A	261833 A	244833 A	
Testemunha		212.666				225.333		
	Massa seca total (g)							
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	416,3 *	416,6 *	529,1	454,0 a	358,0	498,0	631,0	496,0 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	396,6 *	453,3 *	434,1 *	428,0 a	372,0	422,0	411,0	402,0 a
Média	406,5 A	435,0 A	481,6 A		365,0 A	460,0 A	521,0 A	
Testemunha		639,10				543,0		
	Índice de colheita (%)							

Tabela 5. Continuação...

Herbicida (g i.a. ha ⁻¹)	--- Safrinha/2017 ---				--- Safrinha/2018 ---			
	Estádio				Estádio			
	V ₃	V ₅	V ₇	Média	V ₃	V ₅	V ₇	Média
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	35,2	29,1	25,3 *	29,9 a	40,6	29,2	36,0	35,3 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	34,6	25,1 *	18,8 *	26,2 b	38,5	34,0	36,6	36,4 a
Média	34,9 A	27,1 B	22,0 B		39,6 A	31,6 B	36,4 AB	
Testemunha		34,20				38,4		
				Peso de mil grãos (g)				
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	21,1	21,9	24,0 *	22,3 a	24,4	18,6 *	25,1	22,7 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	20,8	23,7	24,4 *	23,0 a	24,8	23,4	26,8	25,0 a
Média	21,0 B	22,7 A	24,2 A		24,6 A	21,0 A	25,9 A	
Testemunha		21,3				29,50		
				Produtividade (kg ha ⁻¹)				
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	2.801 *	2.608 *	3.298 *	2.902 a	2.783 *	2.138 *	3.473	2.798 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	1.869 *	1.850 *	2.684 *	2.134 b	1.892 *	1.801 *	2.834 *	2.176 b
Média	2.335 B	2.229 B	2.991 A		2.338 B	1.969 B	3.154 A	
Testemunha		4.447				3.555		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * Diferem da testemunha pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Para reforçar esta hipótese, foi constatado que o diâmetro do colmo também foi menor nas aplicações dos herbicidas em V₃, em ambos os anos (Tabela 5). Contudo, mesmo com a diferença no diâmetro do colmo entre os estádios de aplicação, não ocorreu diferença significativa em relação à testemunha para esta variável.

O tembotrione, independentemente da dose, reduziu o comprimento das panículas quando aplicado nos estádios V₃ e V₅, em comparação ao V₇ e à testemunha em ambos os anos (Tabela 5). No entanto, o número de panículas não foi influenciado pelos estádios de aplicação e pelas doses do tembotrione.

De acordo com os dados médios nos dois anos no estádio V₃, apesar de as panículas serem menores, o índice de colheita foi maior em relação aos demais estádios (Tabela 5). Sugere-se que a redução no acúmulo de massa seca resultante da fitointoxicação dos herbicidas possa justificar tal resultado, pois quanto menor o acúmulo de massa seca, mais expressivo é este índice. Nesse mesmo estádio, o peso de mil grãos não diferiu da testemunha, embora no primeiro ano tenha sido inferior aos demais estádios de aplicação.

No estádio V₅, pode-se afirmar que o tamanho reduzido das panículas e a maior quantidade de massa seca resultaram no decréscimo do índice de colheita, pois o peso de mil grãos não foi influenciado quando comparado com a testemunha em todos os estádios de aplicação. Por outro lado, constatou-se que em V₇ o maior acúmulo de massa seca, principalmente nos tratamentos em que foram aplicados atrazine + tembotrione (1000 + 90 g i.a. ha⁻¹), reduziu o índice de colheita, uma vez que o comprimento das panículas e o peso de mil grãos não foram influenciados.

Quanto à produtividade de grãos, houve efeito médio significativo nos dois anos (Tabela 5). O aumento da dose de tembotrione ocasionou redução de produtividade na associação de atrazine + tembotrione (1000 + 180 g i.a. ha⁻¹). Também as aplicações em estádios precoces do sorgo (V₃ e V₅) ocasionaram reduções de produtividade de grãos. A produtividade de grãos das aplicações feitas em V₅ foi semelhante a V₃. O comprimento das panículas nesses dois estádios pode estar relacionado a esta semelhança, o que remete à maior sensibilidade do sorgo ao tembotrione até o estádio V₅.

Todavia destaca-se a ocorrência de deformações nas panículas, caracterizadas por enrugamentos e retardos na emissão da estrutura reprodutiva nas plantas de sorgo que receberam aplicações em V₅. Provavelmente, para as aplicações neste estádio, o herbicida atingiu os meristemas do primórdio das panículas. Isto pode ter levado à diminuição da

produtividade de grãos, uma vez que não ocorreram diferenças no peso de mil grãos em relação à testemunha nos dois anos dos experimentos.

A precipitação pluviométrica foi maior no primeiro ano de condução dos experimentos (Figura 1). Isso mostra que a concentração de água no interior das plantas de sorgo possa ter elevado as taxas de fitointoxicação, reduzindo o porte das plantas, a massa seca e influenciado, desta forma, o índice de colheita e a produtividade de grãos.

Por consequência, pode-se inferir que aplicações de tembotrione nos períodos de maior precipitação potencializam a fitotoxidez nas plantas de sorgo. Este fato pode ser justificado pela facilitação na translocação da molécula do tembotrione em meio aquoso na via apoplástica, alcançando rapidamente os cloroplastos (Constantin et al., 2006).

Assim, pressupõe-se que ocorra aceleração das reações químicas de bloqueio da enzima p-hidroxifenilpiruvato desidrogenase. Consequentemente, há degradação oxidativa da clorofila e da membrana plasmática pela ausência da proteção dos carotenoides, levando à necrose dos tecidos foliares (Grossmann e Ehrhardt, 2007), como a registrada nas aplicações em V₃.

5.3.3. *Experimento em Montividiu-GO*

Em Montividiu, foram constatados resultados semelhantes aos de Rio Verde quanto à fitotoxidez do sorgo em V₃ no primeiro ano (Tabela 6). Estudos têm mostrado que aplicações de tembotrione em estádios iniciais do desenvolvimento do sorgo acentuam as injúrias e sintomas como branqueamento (“albinismo”) das folhas e posterior necrose, pela degradação das clorofilas (Dan et al., 2010; Oliveira Jr. et al., 2011).

Tabela 6. Resultados médios da fitointoxicação do sorgo granífero BRS 380 em aplicações feitas em diferentes estádios vegetativos e doses de herbicidas. Montividiu-GO, 2017 e 2018.

Herbicida (g i.a. ha ⁻¹)	--- Safrinha/2017 ---				--- Safrinha/2018 ---			
	Estádio				Estádio			
	V ₃	V ₅	V ₇	Média	V ₃	V ₅	V ₇	Média
2 DAA (%)								
Atrazine +tembotrione (1000 + 90)	10,0 *	4,3 *	3,7 *	6,0 b	10,0 Ab*	4,7 Bb*	4,0 Ba*	6,25 b
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	10,6 *	6,2 *	4,7 *	7,1 a	15,0 Aa*	6,7 Ba*	4,2 Ca*	8,66 a
Média	10,3 A	5,3 B	4,2 B		12,5 A	5,7 B	4,1 C	
Testemunha		0,0				0,0		
7 DAA (%)								
Atrazine +tembotrione (1000 + 90)	15,0 *	7,0	3,7	8,6 b	17,5 *	8,0 *	9,7 *	11,7 b
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	22,5 *	9,6 *	5,0	12,4 a	25,0 *	15,0 *	8,7 *	16,2 a
Média	18,7 A	8,3 B	4,3 B		21,25 A	11,5 B	9,25 B	
Testemunha		0,0				0,0		
14 DAA (%)								
Atrazine +tembotrione (1000 + 90)	22,5 Ab*	6,5 Ba	3,2 Ba	10,7 b	42,5 *	12,5 *	7,5 *	20,8 b
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	41,7 Aa*	12,7 Ba*	5,0 Ca	19,7 a	56,2 *	16,7 *	13,5 *	28,8 a
Média	32,1 A	9,6 B	4,1 C		49,4 A	14,6 B	10,5 B	
Testemunha		0,0				0,0		
28 DAA (%)								
Atrazine +tembotrione (1000 + 90)	11,7 *	4,8	3,2	6,6 b	13,7 *	3,2	1,5	6,1 b
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	20,8 *	7,7 *	4,2	10,9 a	18,7 *	6,7 *	4,5 *	10,0 a
Média	16,3 A	6,3 B	3,7 B		16,2 A	5,0 B	3,0 B	
Testemunha		0,0				0,0		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Diferem da testemunha pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

As aplicações feitas em V₅ e V₇ não diferiram estatisticamente entre si, com exceção aos 14 DAA em 2017, tendo ocorrido interação entre estádios de aplicação e doses dos herbicidas (Tabela 6). No desdobramento da interação, plantas que receberam atrazine + tembotrione (1000 + 180 g i.a. ha⁻¹) apresentaram elevados percentuais de fitotoxidez (41% em V₃). O oposto foi registrado para a menor dose, para a qual constatou-se menor fitotoxidez na aplicação de atrazine + tembotrione (1000 + 90 g i.a. ha⁻¹) em V₅ e V₇, não diferindo da testemunha. Destaca-se que as plantas de sorgo que receberam aplicações em V₇ foram tolerantes às duas doses de herbicidas utilizadas.

Estes resultados foram diferentes dos registrados em Rio Verde em 2017. A elevada precipitação em Rio Verde nesse ano, Figura 1, aumentou a fitotoxidez no sorgo. Resultados que confirmam a maior fitotoxidez do tembotrione no sorgo em períodos de maior precipitação, pois, em Montividiu, a incidência da chuva nesse mesmo ano foi menor. Por outro lado, temperaturas mais amenas, associadas à umidade relativa do ar, em razão da maior altitude, podem ter favorecido a recuperação do sorgo em Montividiu.

O maior teor de fósforo no solo em Montividiu pode ter contribuído para a recuperação das plantas de sorgo. Sabe-se que o fósforo auxilia no aumento da produtividade de biomassa. Além disso, o elemento em questão participa das divisões celulares e relaciona-se diretamente com a formação de novos tecidos e com o acúmulo de matéria seca, fotossíntese, formação de açúcares, amidos e energia (moléculas de ATP), além de influenciar na absorção e no metabolismo de vários outros nutrientes, especialmente do nitrogênio (Novais e Smith, 1999; Taiz e Zeiger, 2013).

Na safrinha de 2018, assim como ocorreu em Rio Verde nos dois anos, os maiores valores de fitotoxidez foram verificados em V₃, tendo alcançado percentuais de 56% na dose de atrazine + tembotrione (1000 + 180 g i.a. ha⁻¹) aos 14 DAA (Tabela 6). No desdobramento da interação aos 2 DAA, quando foi utilizado atrazine + tembotrione (1000 + 90 g i.a. ha⁻¹), novamente os estádios V₅ e V₇ apresentaram menor fitotoxidez.

Da mesma forma como ocorreu no primeiro ano aos 7, 14 e 28 DAA, não foram detectadas diferenças de fitotoxidez dos herbicidas aplicados nos estádios V₅ e V₇. Nesta última avaliação, ficou evidente a recuperação das plantas de sorgo na menor dose de tembotrione aplicado em V₅ e V₇. Constatações diferentes das registradas em Rio Verde, em que apenas no segundo ano as duas doses foram semelhantes à testemunha nas aplicações em V₇. Estes resultados reforçam a interferência das chuvas no efeito do

tembotrione. A precipitação no mês de aplicação na safrinha de 2018 bem como no desenvolvimento das plantas foram inferiores em 2017 em Montividiu (Figura 1).

As médias das alturas das plantas de sorgo obtidas com as aplicações em V₃ não diferiram de V₅ e V₇ (Tabela 7). A maior dose de tembotrione reduziu o porte das plantas de sorgo em ambos os anos. Entretanto, na comparação com a testemunha, a dose de atrazine + tembotrione (1000 + 90 g i.a. ha⁻¹) aplicada em V₇ no primeiro ano e as duas doses em V₅ e V₇ no segundo ano não diferiram entre si. Estas constatações foram verificadas em Rio Verde apenas nas aplicações feitas em V₇.

Tabela 7. Resultados médios das características agrônômicas e produtividade do sorgo granífero BRS 380. Montividiu-GO, 2017 e 2018.

Herbicida (g i.a. ha ⁻¹)	Safrinha/2017				Safrinha/2018			
	Estádio				Estádio			
	V ₃	V ₅	V ₇	Média	V ₃	V ₅	V ₇	Média
	Altura de plantas (cm)							
Atrazine +tembotrione (1000 + 90)	119,2 *	110,9 *	124,5	118,2 a	108,2 *	111,6	121,2	113,6 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	109,5 *	104,4 *	116,9 *	110,2 b	96,7 *	115,3	112,0	108,0 b
Média	114,3 AB	107,6 B	120,7 A		102,4 B	113,4 A	116,6 A	
Testemunha		133,6				122,1		
	Diâmetro do colmo (cm)							
Atrazine +tembotrione (1000 + 90)	1,2	1,6	1,4	1,4 a	1,1	1,3	1,3	1,2 b
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	1,1 *	1,5	1,5	1,4 a	1,1	1,4	1,5	1,4 a
Média	1,2 B	1,5 A	1,4 A		1,16 B	1,33 A	1,44 A	
Testemunha		1,47				1,36		
	Comprimento de panícula (cm)							
Atrazine +tembotrione (1000 + 90)	29,2	24,2 *	30,2	27,9 a	23,2 ABa*	20,8 Ba*	25,2 Aa	23,1 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	27,6	20,9 *	27,6	25,4 b	19,8 Bb*	19,7 Ba*	26,9 Aa	22,1 a
Média	28,4 A	22,6 B	28,9 A		21,5 B	20,2 B	26,0 A	
Testemunha		29,36				27,35		
	Número de panículas (pan. ha ⁻¹)							
Atrazine +tembotrione (1000 + 90)	196.444	194.222	203.111	197.925 a	183.333	190.000	206.000	193.111 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	200.000	248.000	220.444	222.814 a	173.333	215.333	223.333	204.000 a
Média	198.222 A	221.111 A	211.777 A		178.333 A	202.666 A	214.666 A	
Testemunha		233.777				186.666		
	Biomassa seca (g)							
Atrazine +tembotrione (1000 + 90)	381,7 *	439,3	752,3 *	524,4 a	426,2 Bb*	488,7 Ba*	675,0 Aa	530,0 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	326,7 *	233,3 *	492,7	350,9 b	562,5 Aa	545,0 Aa	530,0 Ab*	545,8 a
Média	354,2 B	336,3 B	622,5 A		494,3 B	516,8 AB	602,5 A	
Testemunha		562,5				702,0		

Tabela 7. Continuação...

Herbicida (g i.a. ha ⁻¹)	Safrinha/2017				Safrinha/2018				
	Estádio				Estádio				
	V ₃	V ₅	V ₇	Média	V ₃	V ₅	V ₇	Média	
	Índice de colheita (%)								
Atrazine + tembotrione 90	38,1	31,4	45,6	38,4	40,6	38,9	41,5	40,4	
Atrazine + tembotrione 180	38,5	15,7	27,8	27,3	34,9	37,0	32,1	34,7	
Média	38,3	23,5	36,7		37,8	38,0	36,9		
Testemunha		52,6				42,1			
	Peso de mil grãos (g)								
Atrazine + tembotrione 90	24,5	23,6	23,0	23,7	24,9	27,6	28,5	27	
Atrazine + tembotrione 180	23,7	23,5	23,6	23,6	23,9	26,1	25,4	25,1	
Média	24,1	23,5	23,3		24,4	26,8	26,9		
Testemunha		25,85				27,38			
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)								
Atrazine + tembotrione 90	2.688	1.155	3.188	2.344	2.234	3.008	3.220	2.821	
Atrazine + tembotrione 180	2.193	744,0	2.669	1.869	2.000	1.868	2.195	2.021	
Média	2.441	950,0	2.929		2.117	2.438	2.708		
Testemunha		4.264				4.022			

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * Diferem da testemunha pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Doses elevadas de tembotrione podem provocar reduções significativas na massa seca da parte aérea e altura final da planta. Reduções mais evidentes do porte das plantas do sorgo foram observadas quando a aplicação do herbicida foi feita em estágios iniciais de crescimento.

As médias dos diâmetros do colmo em Montividiu foram semelhantes às de Rio Verde, com constatações de menores valores nas aplicações feitas em V₃ nos dois anos (Tabela 7). Entretanto, em relação à testemunha, houve redução desta variável somente em Montividiu, na safrinha de 2017, com a aplicação da maior dose de tembotrione no estágio V₃.

Diferentemente do que ocorreu em Rio Verde, o comprimento das panículas em Montividiu não foi influenciado em 2017 no estágio V₃, foi estatisticamente semelhante ao V₇ e à testemunha (Tabela 7). O maior intervalo de recuperação, em condições climáticas favoráveis, pode estar relacionado a este resultado.

Foram constatadas reduções no comprimento das panículas nos tratamentos que receberam aplicações dos herbicidas em V₅ em razão das anomalias e do retardamento do seu desenvolvimento em ambos os locais. Isto é atribuído ao fato de as plantas de sorgo iniciarem a diferenciação das panículas na ocasião da aplicação dos herbicidas. Quanto ao número de panículas, não houve influência dos herbicidas, que não diferiram das testemunhas nas duas localidades.

Ocorreram interações dos estádios de aplicação e das doses dos herbicidas nos dois anos para o índice de colheita (Tabela 7). No desdobramento para o primeiro ano, verificou-se que em V₃ não ocorreu diferença significativa entre as doses dos herbicidas. Nas aplicações feitas em V₅, sugere-se que a redução do tamanho das panículas tenha resultado em um baixo índice de colheita na maior dose de tembotrione. Em V₇, em razão dos registros de panículas, os maiores índices de colheita foram proporcionais a esta variável. No segundo ano, não houve diferenças no índice de colheita nos tratamentos e nem destes em relação à testemunha.

O peso de mil grãos não foi influenciado pelos tratamentos nos locais e anos de condução dos experimentos, com exceção das aplicações feitas em V₃ no primeiro ano em Rio Verde (Tabela 7). Na comparação com a testemunha, não foi verificada diferença significativa do peso de mil grãos, enquanto em Rio Verde, aplicações em V₅ na safrinha de 2018 promoveram redução desta variável.

Quanto aos dados de produtividade, verificou-se redução no primeiro ano, sendo mais acentuada na maior dose no estágio V₅ (Tabela 7). Neste estágio, como já exposto, foram constadas reduções do tamanho das panículas, alterações morfológicas e retardamento no desenvolvimento das plantas de sorgo. No desdobramento da interação no segundo ano, as produtividades obtidas nos estádios V₅ e V₇ não diferiram entre si, independentemente da dose utilizada.

Esses dados são semelhantes aos registradas em Rio Verde, exceto na dose de atrazine + tembotrione (1000 + 90 g i.a. ha⁻¹) no estágio V₇ na safrinha de 2018. Dan et al. (2012) relataram que a intoxicação provocada pelo tembotrione pode causar reduções significativas na produtividade grãos, de acordo com o incremento da dose, sendo o mesmo evidenciado nesse estudo.

Destaca-se que as plantas de sorgo se recuperaram da intoxicação imposta pelos herbicidas, porém ocorreu redução da produtividade de grãos, independentemente da dose e do estágio de aplicação. Em anos de atraso na época de semeadura pela limitação de chuvas, pode-se inferir que a fitoxidez causada pelo tembotrione será reduzida em regiões de menor altitude. Por outro lado, em locais de maior altitude, apesar da fitotoxidez maior, as plantas de sorgo apresentam recuperação mais rápida, o que se reflete na maior produtividade de grãos.

5.4 CONCLUSÃO

A fitotoxidez no sorgo granífero foi maior no estágio V₃ com a utilização de atrazine + tembotrione (1000 + 180 g i.a. ha⁻¹) nos dois anos consecutivos, em ambos os locais.

A dose de atrazine + tembotrione (1000 + 90 g i.a. ha⁻¹) causa menos fitointoxicação nos estádios V₅ e V₇.

As aplicações dos herbicidas apresentam maior potencial de uso no estágio V₇, independentemente da dose aplicada.

A associação dos herbicidas atrazine e tembotrione reduziu a produtividade do sorgo, independentemente do estágio e da dose de aplicação.

5.5 REFERÊNCIAS

- ABIT, J. M.; AL-KHATIB, K.; REGEHR, D. L.; TUINSTRA, M. R.; CLAASSEN, M. M.; GEIER, P. W.; STAHLMAN, B. W.; GORDON, R. S. Currie Differential response of grain sorghum hybrids to foliar-applied mesotrione. **Weed Technology**, v. 23, n. 1, p. 28-33, 2009.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; MANTOVANI, E. C.; MENEZES, C. B. de; TARDIN, F. D.; FREITAS, R. S. de; MAY, A.; ZANDONADI, C. H. S. Sorgo granífero: manejo, colheita e armazenamento. **Informe Agropecuário**, v. 35, n. 278, p. 41-48, 2014.
- ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 124-130, 2010.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p.
- CABRAL, P. H.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I. S.; ARAÚJO, V. T.; PEDRINI, E. C. F. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 308-314, 2013.
- CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; BLAINSKI, E.; HOMEM, L. M. Seletividade e eficácia agronômica do novo herbicida tembotriona para a cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, Brasília, DF. **Convivendo com as plantas daninhas**: resumos. Brasília, DF: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas: UnB: Embrapa Cerrados, 2006.
- CALVAYRAC C.; BONTEMPS, N.; NOUGA-BISSOUE, A. ROMDHANE, S.; COSTE, C. M.; COOPER, J. F. Photolysis of tembotrione and its main by-products under extreme artificial conditions: comparison with another β -triketone herbicide. **Science Total Environment**, v. 452 e 453, n. 1, p. 227-232, 2013.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2015.
- CUNHA, F. N.; VIDAL, V. M., SILVA, N. F.; SOARES, F. A. L.; BATISTA, P. F.; SANTOS, M. A.; MORAIS, W. A.; TEIXEIRA, M. B. Seletividade do herbicida tembotrione à cultura do sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 281-293, 2016.
- DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; DAN, L. G. M.; PROCÓPIO, S.O.; FERREIRA FILHO, W. C; MENEZES, C. C. E. Tolerância do sorgo granífero ao herbicida tembotrione. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 615-620, 2010.
- DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; DAN, L. G. M.; PROCÓPIO, S. O.; CONSTANTIN, J. Potential Use of Tembotrione (HPPD Inhibitor

Herbicides) in Grain Sorghum, **Weed Control**, Dr. Andrew Price (Ed.), ISBN: 978-953-51-0159-8, In Tech, (2012).

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL (EWRC) Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC Committee of Methods in Weed Research. **Weed Research**, v. 4, p. 88, 1964.

FERREIRA, E. A.; MATOS, C. C.; BARBOSA, E. A.; MELO, C. A. D.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B. Aspectos fisiológicos de soja transgênica submetida à competição com plantas daninhas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 115-121, 2015.

FRANS, R. W. Measuring plant response. In: WILKINSON, R. E. (Ed.). Research methods in weed science. Puerto Rico: **Weed Science Society**, 1972. p. 28-41.

FREITAS, S. P.; RODRIGUES, J. C.; SILVA, C. M. M. Manejo de plantas daninhas no plantio direto da soja (*Glycine max*) sobre o milheto (*Pennisetum maximum*). **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 481-487, 2006.

GALON, L.; FERNANDES, F. F.; ANDRES, A.; SILVA, A. F. DA; FORTE, C. T. Selectivity and efficiency of herbicides in weed control on sweet sorghum. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 2, p. 123-131, 2016.

GROSSMANN, K.; EHRHARDT, T. On the mechanism of action and selectivity of the corn herbicide topramezone: a new inhibitor of 4- hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. **Pest Management Science**, v. 63, n. 5, p. 429-439, 2007.

LEAL, S. T.; T. M. A. A.; GOES, R. J.; TAKASU, A. T.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; ROSSETTO, J.E.; LEAL, C.T. Análise econômica da produção de sorgo na safrinha com diferentes fontes de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 85-91, 2013.

MACHADO, F. G.; JAKELAITIS, A.; GHENO, E. A.; OLIVEIRA JR., R. S. DE; RIOS, F. A.; FRANCISCHINI, L. H. M.; LIMA, M. S. Performace de herbicidas para o controle de plantas daninhas no sorgo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 3, p.281-289, 2016.

MENEZES, C. B.; CARVALHO JÚNIOR, G. A. DE; SILVA, L. A.; Bernardino, K. C.; Souza, V. F.; Tardin, F.D.; Schaffert, R.E. Combining ability of grain sorghum lines selected for aluminum tolerance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, n.1, p. 42-48, 2014.

MILLER J. N.; REGEHR D. L. Grain sorghum tolerance to postemergence mesotrione applications. North Central **Weed Science Society**, vol. 57, n. 1, p. 136-143, 2002.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

OLIVEIRA, M. F.; KARAM, D. Plantas daninhas. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. Sistemas de produção, 8. ed. Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

OLIVEIRA JR. R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. Biologia e manejo de plantas daninhas. In: Oliveira Jr., R. S. (Eds) **Introdução ao controle químico**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. p. 125- 140.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; ARAUJO FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA, J. B. DE; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Edição, Brasília-DF, Embrapa, 2018.

SENSEMAN, S. A. (Ed.). **Herbicide handbook**. 9. ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2007. 458 p.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C.A.V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, A. G.; MORAES, L. E.; HORVATHY NETO, A.; TEIXEIRA, I. R.; SIMON, G. A. Consórcio sorgo e braquiária na entrelinha para produção de grãos, forragem e palhada na entressafra. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 5, p. 697-705, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª. ed., Artmed, 2013. 918 p.

TARDIN, F. D.; RODRIGUES, J. A. S. Cultivares. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

THOMPSON, C. R.; PETERSON, D. E.; FICK W. H.; STAHLMAN, P. W.; SLOCOMBE, J. W. Chemical weed control for field crops, pastures, rangeland, and noncropland. **Herbicides for grain sorghum**. Kansas State University Agricultural Experiment. Report of progress, 2016. p. 48-59.

VELINI, E. D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D. L. P. (Coord.). **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBPC, 1995. 42 p.

ZAGONEL, F.; FERNANDES, E. C. Controle de plantas daninhas e seletividade do herbicida tembotrione na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v. 6, n. 2, p. 42-49, 2007.

6. CAPÍTULO IV

SELETIVIDADE DO SORGO GRANÍFERO AO TEMBOTRIONE NA REGIÃO SUDOESTE DE GOIÁS

SELECTIVITY OF THE GRANIFEROUS SORGHUM TO TEMBOTRIONE IN THE SOUTHWESTERN GOIÁS STATE (GO), BRAZIL

RESUMO - Na cultura do sorgo, há poucos herbicidas registrados para o controle químico das plantas daninhas. O objetivo deste estudo foi avaliar a tolerância do sorgo granífero ao tembotrione na região Sudoeste de Goiás. Foram conduzidos dois experimentos nos municípios de Rio Verde e Montividiu no delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial $3 \times 2 + 1 + 1$, sendo três estádios vegetativos de aplicação (V_3 , V_5 e V_7), duas doses do herbicida tembotrione (90 e 180 g i.a. ha^{-1}), associados ao atrazine (1.000 g i.a. ha^{-1}), um tratamento adicional com atrazine e a testemunha sem herbicida. Foram avaliados os níveis de toxidez bem como as características agronômicas e a produtividade de grãos. Os níveis de toxidez foram maiores na utilização de atrazine + tembotrione 180 g i.a. ha^{-1} em ambos os locais. As alturas das plantas e diâmetros de colmos foram menores na utilização dos herbicidas em V_3 . O comprimento de panículas foi afetado nas aplicações em V_5 . A dose de atrazine + tembotrione 90 g i.a. ha^{-1} não influenciou na produtividade de grãos em Rio Verde, diferentemente do ocorrido em Montividiu. O sorgo BRS 330 apresentou diferentes respostas de tolerância aos herbicidas atrazine e tembotrione. Os níveis de fitotoxidez e a recuperação das plantas de sorgo são influenciados pelas condições ambientais de cada região de cultivo.

PALAVRAS-CHAVE: herbicida, estádios, tolerância, graminicida, produtividade

ABSTRACT - There are few herbicides registered for chemical weed control in sorghum crop. This study aimed to evaluate the sorghum tolerance to tembotrione in the southwestern Goiás State (GO), Brazil. Two experiments were carried out in randomized block design, 3x2+1+1 factorial scheme, three vegetative application stages (V₃, V₅, and V₇), two tembotrione herbicide doses (90 and 180 g a.i. ha⁻¹) associated to atrazine (1.000 g a.i. ha⁻¹), an additional treatment using atrazine, and the control treatment without herbicide in the municipalities of Rio Verde and Montividiu (GO). Toxicity levels as well as agronomic characteristics and grain yield were evaluated. Toxicity levels were higher when using atrazine + tembotrione 180 g a.i. ha⁻¹ at both sites. Plant heights and stem diameters were lower when using herbicides in V₃. Panicle length was affected in V₅ applications. The atrazine + tembotrione 90 g a.i. ha⁻¹ dose has not influenced grain yield in Rio Verde, unlike what happened in Montividiu. Sorghum BRS 330 showed different tolerance responses to atrazine and tembotrione herbicides. Phytotoxicity levels and sorghum plant recovering are affected by the environmental conditions of each growing region.

KEYWORDS: Graminicide. Herbicide. Productivity. Times. Tolerance.

6.1 INTRODUÇÃO

O sorgo granífero é cultivado exclusivamente na safrinha, em sucessão à soja, no Cerrado. A crescente demanda de grãos de sorgo pelas agroindústrias tem contribuído para a consolidação desta cultura (Silva et al., 2015). Entretanto, a ocorrência de plantas daninhas, em especial gramíneas, tem reduzido a produtividade de grãos nesta cultura (Oliveira e Karam, 2012; Cunha et al., 2016).

A convivência das plantas daninhas com o sorgo granífero como em qualquer outra cultura traz reflexos negativos nas características agronômicas, no acúmulo de nutrientes nos grãos e, conseqüentemente, na produtividade de grãos. Devido ao crescimento inicial lento, há maior susceptibilidade da competição interespecífica do sorgo na convivência com as plantas daninhas em estádios iniciais de crescimento (Cabral et al., 2013).

Para o sorgo, verifica-se baixa disponibilidade de herbicidas, o que limita o controle químico das comunidades infestantes (Machado et al., 2016). Assim ocorrem mobilizações desnecessárias de controle mecânico, que geram elevados custos, danos às plantas da cultura, perdas na produção final e prejuízos financeiros aos produtores (Abit et al., 2009; Ferreira et al., 2015).

No Brasil, o único herbicida registrado para uso em pós-emergência do sorgo é o atrazine. Porém, este herbicida controla em geral folhas largas e apenas poucas espécies de folhas estreitas, aumentando a incidência de gramíneas nas lavouras (Machado et al., 2016).

Entre os herbicidas com ação graminicida e com potencial para utilização em pós-emergência da cultura do sorgo, destacam-se os herbicidas inibidores da síntese de carotenoides, principalmente os que inibem a enzima p-hidroxifenilpiruvato desidrogenase (HPPD) (Miller e Regehr, 2002). O herbicida tembotrione tem sido relatado como alternativa para o controle de gramíneas no sorgo (Calvayrac et al., 2013). Na cultura do milho, a associação de misturas dos herbicidas atrazine e tembotrione aumentou os níveis de controle das plantas daninhas em relação ao atrazine isoladamente (Willians et al., 2011).

Tendo em vista que o atrazine é também registrado para o sorgo, a associação da mistura com o tembotrione pode ser uma ferramenta importante no controle químico de plantas daninhas nesta cultura. Entretanto, poucas informações sobre o comportamento desse herbicida estão disponíveis para os produtores, o que reforça a necessidade de estudos regionalizados e a determinação do período de aplicação. Neste sentido, este estudo teve o objetivo de avaliar a tolerância do sorgo granífero BRS 330 aos herbicidas atrazine e tembotrione, em diferentes estádios de crescimento, na região Sudoeste de Goiás.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos nos municípios de Rio Verde (17°52'55" S e 50 55'43" O, 740 m de altitude) e Montividiu (17°22'58" S e 51°22'40" O, 905 m de altitude) entre os meses de março e julho, no cultivo de segunda safra em sucessão à soja, em 2018.

O clima da região é tropical (Aw), com período seco no inverno e concentração de chuvas no verão. As médias anuais de precipitações de chuva e temperatura da região são de 1.500 mm e 23°C, respectivamente (Cardoso et al., 2015).

Os dados meteorológicos registrados para o período de condução dos experimentos estão dispostos na Figura 1.

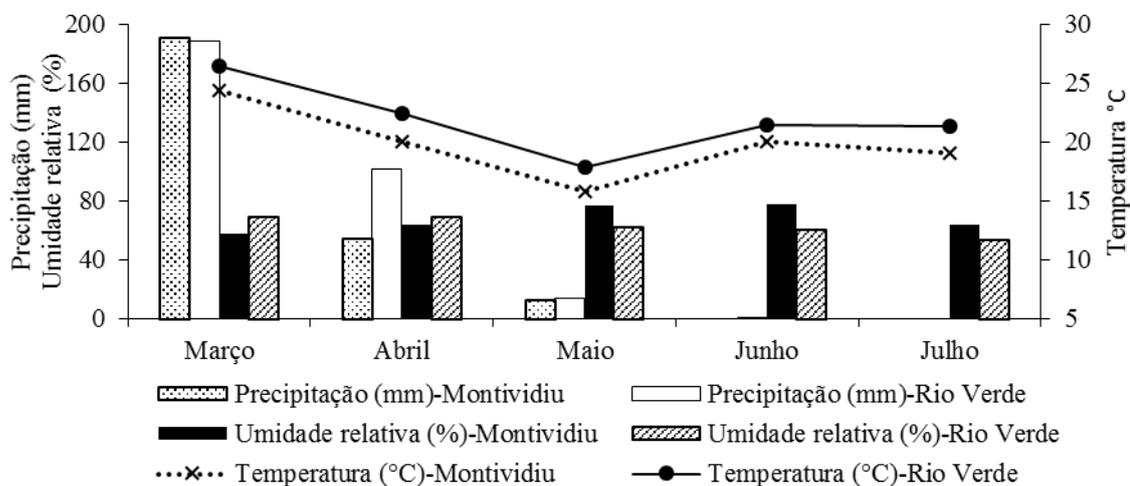


Figura 1 Dados de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média (°C) em Montividiu e Rio Verde-GO, 2018.

O solo do experimento em Rio Verde foi classificado como Latossolo Vermelho escuro distrófico e o de Montividiu, como Latossolo Vermelho amarelo distrófico (Santos et al., 2018). Foi feita análise de solo para caracterização química e física na camada de 0,0 a 0,20 m. Em Rio Verde, os resultados foram pH CaCl₂: 5,9; Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺ H⁺ + Al: 4,2; 1,3; 0,2; 0,1; 4,3 em cmol_c dm⁻³; P: 3,8 mg dm⁻³; M.O., Argila, Silte e Areia: 277; 393; 120 e 482 g kg⁻¹. Os resultados obtidos em Montividiu foram de pH CaCl₂: 5,6; Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺ H⁺ + Al: 3,3; 0,9; 0,4, 0,05; 4,5 em cmol_c dm⁻³; P: 37,6 mg dm⁻³; M.O., Argila, Silte e Areia: 226; 249; 680 e 683 g kg⁻¹.

Os experimentos foram conduzidos no delineamento de blocos casualizados em quatro repetições com híbrido de sorgo granífero BRS 330, em esquema fatorial 3 x 2 + 1 +1, sendo três estádios vegetativos de aplicação (V₃, V₅ e V₇), duas doses do herbicida tembotrione (90 e 180 g i.a. ha⁻¹), associados ao atrazine (Atrazinax[®] - 1.000 g i.a. ha⁻¹), um tratamento adicional com atrazine em V₃ e a testemunha sem herbicida. Na preparação da calda, foi adicionado 0,1% do éster metílico de óleo de soja (Áureo[®]).

A semeadura foi feita em área de plantio direto, após a colheita da soja, de forma mecanizada, na primeira quinzena de março, sendo adotada uma densidade que

possibilitasse a obtenção de uma população final de 200.000 plantas por hectare. As parcelas experimentais foram formadas por quatro linhas espaçadas de 0,5 m, com seis metros de comprimento, perfazendo uma área total de 12 m² e área útil de 5 m² formada das duas linhas centrais, desconsiderando meio metro das extremidades. As parcelas foram mantidas sem interferência de plantas daninhas por meio de capinas manuais.

As aplicações dos herbicidas foram feitas com auxílio de um pulverizador costal pressurizado a CO₂ munido de barra com quatro pontas Teejet XR 110.02, tipo leque duplo com indução a ar, espaçadas em 0,5 m, com pressão de 2 kgf/cm² e volume de calda de 150 L ha⁻¹. Os dados climatológicos médios obtidos no momento das aplicações em Rio Verde foram: temperaturas de 23,0; 23,8 e 28,3 °C, umidade relativa do ar de 65,0; 56,0 e 52,9% e velocidade do vento de 2,8; 2,4 e 2,5 m/s⁻². Em Montividiu, foram registradas temperaturas de 27,0; 28,8 e 29,6 °C, umidade relativa do ar de 55,0; 58,6 e 39,0 % e velocidade do vento de 3,2; 1,2 e 2,1 m/s⁻² nos estádios vegetativos V₃, V₅ e V₇, em ambos os locais, respectivamente.

A fitointoxicação em percentual foi avaliada visualmente na cultura, em que a nota zero corresponde a nenhum dano à cultura e 100%, à morte de todas as plantas (Velini et al., 1995), aos 2, 7, 14 e 28 dias após as aplicações (DAA) dos herbicidas.

As avaliações das características agrônômicas ocorreram na área útil da parcela ao final do ciclo da cultura, sendo obtidos dados de cinco plantas. Utilizou-se trena graduada para medições dos comprimentos das panículas e das alturas das plantas, tendo como referência a distância do colo à extremidade da panícula. Os diâmetros de colmos foram obtidos com auxílio de paquímetro digital após a inserção da última folha.

Após as medições, as cinco plantas do sorgo foram coletadas para a determinação da massa seca total da parte aérea e obtenção dos índices de colheita, após secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C por 72 h.

Foi obtido o número de panículas por hectare. Após a contabilização, as panículas da área útil foram coletadas e trilhadas mecanicamente, sendo determinadas a produtividade de grãos em kg ha⁻¹ com correção da umidade para 13% e a massa de mil grãos, de acordo com as Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de significância, sendo feita a transformação dos dados de fitointoxicação conforme a expressão $(\sqrt{x+1})$, seguindo os pressupostos da análise de variância para

homogeneização dos dados. Na detecção de efeito significativo dos estádios de aplicação e das doses dos herbicidas, foram aplicados os testes de Tukey e Dunnet para comparação das médias dos tratamentos, ambos a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico Assistat (Silva e Azevedo, 2009).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância permitiram constatar interação entre estádios de aplicação e doses dos herbicidas aos 28 DAA, em ambos os locais (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância (valores do F calculado) dos dados de fitointoxicação, características agronômicas e produtividade de grãos do sorgo granífero BRS 330. Altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (COL), comprimento das panículas (CPA), número de panículas (NPA), biomassa seca (MAS), índice de colheita (ICO), peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PROD). Rio Verde e Montividiu-GO, 2018.

Fonte de Variação	GL	--- Fitointoxicação (DAA) ---				--- Características agronômicas ---							
		2	7	14	28	ALT	COL	CPA	NPA	MAS	ICO	PMG	PROD
Rio Verde- GO													
Estádio (E)	2	14,20**	151,04**	48,58**	17,63**	9,7**	6,69**	37,00**	2,16 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,13 ^{ns}	10,81**	4,60*
Herbicida (H)	1	8,79**	72,87**	5,32*	36,34**	0,80 ^{ns}	1,30 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,99 ^{ns}	0,08 ^{ns}	3,79 ^{ns}	11,88**
E x H	2	2,34 ^{ns}	2,85 ^{ns}	0,99 ^{ns}	20,50**	1,3 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,75 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,19 ^{ns}	3,68*	0,51 ^{ns}
Fat vs Adc + Test	1	149,19**	1679,84**	400,24**	416,50**	20,0**	0,16 ^{ns}	7,68*	0,5 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,73 ^{ns}	4,23 ^{ns}	17,05**
Adc vs Test	1	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,20 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,0 ^{ns}
Resíduo	21												
C.V. (%)		15,0	5,2	10,7	8,4	6,8	11,1	9,2	13,1	15,3	14,2	8,4	15,6
Média		2,2	9,0	9,3	4,0	114,9	1,3	21,1	224.479	498,8	38,0	23,4	2.909
Montividiu-GO													
Estádio (E)	2	23,17**	45,20**	105,48**	201,96**	18,04**	16,75**	7,74**	6,26**	2,16 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,34 ^{ns}	14,69**
Herbicida (H)	1	6,66*	13,83**	6,27*	38,31**	0,06 ^{ns}	0,12 ^{ns}	3,29 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,05 ^{ns}	3,14 ^{ns}	0,80 ^{ns}	7,74*
E x H	2	0,66 ^{ns}	0,49 ^{ns}	1,61 ^{ns}	11,69**	0,38 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,66 ^{ns}	4,00**	1,81 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,09 ^{ns}	1,85 ^{ns}
Fat vs Adc + Test	1	165,21**	342,12**	262,95**	411,33**	15,46**	3,85 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,53 ^{ns}	11,13**	0,08 ^{ns}	6,86*	60,22**
Adc vs Test	1	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,17 ^{ns}	0,74 ^{ns}	1,73 ^{ns}	0,12 ^{ns}	2,25 ^{ns}	1,84 ^{ns}	5,37*	4,97*
Resíduo	21												
C.V. (%)		14,6	11,2	14,2	9,3	2,5	9,6	6,5	14,0	16,2	11,0	13,1	9,8
Média		5,4	7,7	14,5	5,8	119,0	1,1	21,6	210.249	481,8	36,2	25,5	2.672

C.V. (%): coeficiente de variação; Fat.: fatorial; Adc.: adicional; Test.: Testemunha. ^{ns}: não significativo. ** e * significativo a 1% e 5% pelo teste de F, respectivamente.

Ocorreram efeitos médios significativos para os estádios de aplicação, com exceção do número de panículas em Rio Verde e do peso da massa seca total nas duas localidades. Na comparação do fatorial com os tratamentos adicionais, observou-se significância para altura de plantas nas duas localidades e para comprimento das panículas em Rio Verde.

Em Rio Verde, a interação do peso de mil grãos foi significativa. Foram constatados efeitos médios significativos dos fatores isolados em relação à produtividade de grãos nas duas localidades.

6.3.1. Experimento em Rio Verde

Os níveis de toxidez foram maiores na utilização de atrazine + tembotrione (1000 + 180 g i.a. ha⁻¹) (Tabela 2). A utilização de tembotrione resultou em maior fitotoxidez em relação ao atrazine isoladamente e à testemunha sem herbicida, que foram semelhantes quanto aos sintomas de toxidez nas plantas de sorgo.

Tabela 2. Resultados da fitointoxicação das plantas de sorgo granífero híbrido BRS 330. Rio Verde-GO, 2018.

Tratamentos (g i. a. ha ⁻¹)	Estádio			Média
	V ₃	V ₅	V ₇	
Fitointoxicação 2 DAA (%)				
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	5,0 *	7,5 *	4,2 *	5,5 b
Atrazine + tembotrione (1000 +180)	8,5 *	11,2 *	4,0 *	7,9 a
Média	6,7 B	9,3 A	4,1 C	
Atrazine (1000)		0,0		
Testemunha		0,0		
Fitointoxicação 7 DAA (%)				
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	14,7 *	10,5 *	5,2 *	10,1 b
Atrazine + tembotrione (1000 +180)	17,5 *	15,0 *	9,0 *	13,8 a
Média	16,1 A	12,7 B	7,1 C	
Atrazine (1000)		0,0		
Testemunha		0,0		
Fitointoxicação 14 DAA (%)				
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	11,2 *	16,2 *	6,5 *	11,3 b
Atrazine + tembotrione (1000 +180)	15,0 *	18,7 *	6,7 *	13,5 a
Média	13,1 B	17,5 A	6,6 C	
Atrazine (1000)		0,0		
Testemunha		0,0		
Fitointoxicação 28 DAA (%)				
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	4,0 Ab*	4,5 Aa*	4,0 Aa*	4,1 b
Atrazine + tembotrione (1000 +180)	10,0 Aa*	5,2 Ba*	4,2 Ba*	6,5 a
Média	7,0 A	4,8 B	4,1 B	
Atrazine (1000)		0,0		
Testemunha		0,0		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * Diferem da testemunha e do tratamento adicional pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Nas aplicações realizadas em V₃, os níveis de toxidez foram acentuados aos 7 e 14 DAA, sendo estatisticamente superiores aos demais estádios. Os herbicidas aplicados em V₅ resultaram em maiores injúrias aos 2 e 14 DAA, sendo constatados 9% e 17% em relação ao comprometimento das plantas de sorgo, respectivamente. No que se refere à utilização dos herbicidas em V₇, os níveis de intoxicação foram menores.

Dan et al. (2010) observaram que, embora a porcentagem de fitointoxicação seja diretamente relacionada à dose aplicada de tembotrione, plantas que receberam o

herbicida no estágio de três folhas foram mais susceptíveis. Resultados semelhantes aos registrados neste estudo para o estágio V₃.

Aos 28 DAA, notou-se que as injúrias nas plantas de sorgo se reduziram, o que leva a crer que o sorgo tem capacidade de emissão de folhas jovens sem sintomas de toxidez após aplicação de tembotrione. Contudo, cabe enfatizar que a utilização de tembotrione reduziu a altura de plantas na utilização em V₃ e V₅ em relação ao estágio V₇, ao atrazine isoladamente e à testemunha.

O herbicida tembotrione aplicado em V₃, além de influenciar na altura das plantas de sorgo, reduziu o diâmetro de colmo em relação a V₇ (Tabela 3). Este fato leva a crer que o herbicida em questão reduz o crescimento e o desenvolvimento do sorgo.

Tabela 3. Resultados das características agrônômicas do sorgo granífero híbrido BRS 330. Rio Verde-GO, 2018.

Tratamentos	Estádio			Média
	V ₃	V ₅	V ₇	
Altura de plantas (cm)				
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	108,2 *	111,1 *	119,1	112,8 a
Atrazine + tembotrione (1000 +180)	103,2 *	102,8 *	123,5	109,8 a
Média	105,7 B	106,9 B	121,3 A	
Atrazine (1000)		124,3		
Testemunha		126,9		
Diâmetro do colmo (cm)				
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	1,2	1,3	1,5	1,3 a
Atrazine + tembotrione (1000 +180)	1,1	1,3	1,4	1,3 a
Média	1,2 B	1,3 AB	1,5 A	
Atrazine (1000)		1,3		
Testemunha		1,3		
Comprimento de panícula (cm)				
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	22,3	17,0 *	24,0	21,0 a
Atrazine + tembotrione (1000 +180)	20,9	15,0 *	24,3	20,1 a
Média	21,6 B	15,9 C	24,1 A	
Atrazine (1000)		22,6		
Testemunha		23,0		
Número de panículas (pan. ha ⁻¹)				
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	221.333	248.666	220.666	230.222 a
Atrazine + tembotrione (1000 +180)	197.333	227.333	246.000	223.555 a
Média	209.333 A	238.000 A	233.333 A	
Atrazine (1000)		215.233		
Testemunha		221.333		
Massa seca total (g)				
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	547,0	478,7	510,0	511,9 a
Atrazine + tembotrione (1000 +180)	445,0	490,0	468,0	467,9 a
Média	496,0 A	484,0 A	489,0 A	
Atrazine (1000)		538,7		
Testemunha		512,5		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Diferem da testemunha e do tratamento adicional pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

As aplicações de tembotrione em V₅ reduziram o comprimento das panículas em relação aos demais estádios, ao tratamento adicional e à testemunha. Foram constatadas alterações nas panículas e atraso na colheita de sorgo. Sugere-se que, neste estágio fenológico de aplicação, os herbicidas tenham alcançado os meristemas no início da diferenciação das panículas.

Quanto ao número de panículas, peso da massa seca e índice de colheita, não ocorreu diferença entre os tratamentos. As médias dessas variáveis estão nas Tabelas 3 e 4. No que se refere ao peso de mil grãos, a utilização da menor dose de tembotrione não trouxe reflexos negativos para esta variável, independentemente do estágio de aplicação (Tabela 4). Contudo, foi evidenciado que a maior dose aplicada em V₃ e V₅ diminuiu o peso de mil grãos em relação às aplicações feitas em V₇ e na comparação ao atrazine isoladamente e à testemunha.

Tabela 4. Resultados da produtividade de grãos do sorgo granífero híbrido BRS 330 em Rio Verde-GO na safrinha de 2018.

Tratamentos (g i. a. ha ⁻¹)	Estádio			Média
	V ₃	V ₅	V ₇	
		Índice de colheita (%)		
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	38,4	37,0	36,0	37,1 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	40,9	37,4	35,2	37,8 a
Média	39,6 A	37,2 A	35,6 A	
Atrazine (1000)		38,7		
Testemunha		40,1		
		Peso de mil grãos (g)		
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	23,6 Aa	22,9 Aa	24,9 Aa	23,8 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	20,3 Bb*	20,0 Bb*	26,4 Aa	22,2 a
Média	22 B	21,4 B	25,7 A	
Atrazine (1000)		25,0		
Testemunha		24,4		
		Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)		
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	3.014	2.644	3.455	3038 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	2.170 *	2.256 *	2.671	2395 b
Média	2.592 AB	2.450 B	3.108 A	
Atrazine (1000)		3.478		
Testemunha		3.495		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Diferem da testemunha e do tratamento adicional pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

A maior dose de tembotrione também reduziu a produtividade de grãos quando aplicado nos estádios V₃ e V₅. Essa redução se justifica pela diminuição no acúmulo de nutrientes nos grãos, conforme constatações para peso de mil grãos nestes estádios. A menor produtividade de grãos foi verificada na utilização dos herbicidas em V₅ em virtude das alterações morfológicas das panículas e do atraso no

desenvolvimento do sorgo. Por outro lado, a menor dose dos herbicidas não resultou em diminuição de produtividade de grãos.

A baixa produtividade de grãos verificada nos tratamentos com a dose de atrazine e tembotrione (1000 + 180 g i.a. ha⁻¹) aplicados em V₃ é explicada pelos diâmetros de colmo reduzidos, o que propiciou menor acúmulo de nutrientes nos grãos e reduziu o peso de mil grãos. Plantas de sorgo com colmos menores têm reduzida a capacidade de translocação de água, de nutrientes e de fotoassimilados para os grãos (Mateus et al., 2011).

O porte das plantas de sorgo, ou seja, a altura das plantas e o diâmetro de colmo, apresentou correlação negativa com peso de mil grãos, o que reduziu a produtividade de grãos nos tratamentos aplicados em V₃ na maior dose. A redução de produtividade em V₅ está relacionada às alterações na formação das panículas e no atraso de desenvolvimento do sorgo nesta localidade.

6.3.2. *Experimento em Montividiu*

Os níveis de toxidez foram maiores na dose de atrazine + tembotrione (1000 + 180 g i.a. ha⁻¹), enquanto foi constatada ausência de sintomas na utilização de atrazine isoladamente e na testemunha (Tabela 5). Estas constatações foram semelhantes em ambos os locais dos experimentos.

Tabela 5. Resultados da fitointoxicação do sorgo granífero híbrido BRS 330. Montividiu-GO, 2018.

Tratamentos (g i. a. ha ⁻¹)	Estádio			Média
	V ₃	V ₅	V ₇	
	Fitointoxicação 2 DAA (%)			
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	8,7 *	6,2 *	3,2 *	6,0 b
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	11,2 *	9,5 *	4,0 *	8,2 a
Média	10,0 A	7,8 A	3,6 B	
Atrazine (1000)		0,0		
Testemunha		0,0		
	Fitointoxicação 7 DAA (%)			
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	12,2 *	9,5 *	4,5 *	8,7 b
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	16,2 *	13,7 *	6,0 *	12,0 a
Média	14,2 A	11,6 A	5,2 B	
Atrazine (1000)		0,0		
Testemunha		0,0		
	Fitointoxicação 14 DAA (%)			
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	33,7 *	9,0 *	7,7 *	16,8 b
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	43,7 *	13,7 *	7,7 *	21,7 a
Média	38,7 A	11,3 B	7,7 B	
Atrazine (1000)		0,0		
Testemunha		0,0		
	Fitointoxicação 28 DAA (%)			
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	11,2 Ab*	3,7 Bb*	2,7 Ba*	5,9 b
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	20,0 Aa*	6,2 Ba*	3,0 Ca*	9,7 a
Média	15,6 A	5,0 B	2,8 B	
Atrazine (1000)		0,0		
Testemunha		0,0		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Diferem da testemunha e do tratamento adicional pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Os maiores percentuais de intoxicação foram verificados na utilização dos herbicidas em V₃. Aos 2 e 7 DAA, os percentuais de comprometimento das plantas de sorgo não diferiram entre os estádios V₃ e V₅. Contudo, os sintomas evoluíram nos tratamentos aplicados em V₃ aos 14 DAA, alcançando, aproximadamente, 43% de comprometimento das plantas de sorgo.

Aos 28 DAA, a fitotoxidez diminuiu nas aplicações feitas em V₇, independentemente da dose aplicada. Aplicações feitas em V₃ e V₅ com a dose maior de tembotrione resultaram em maiores danos às plantas de sorgo. Nestes estádios,

embora o sorgo tenha emitido folhas jovens sem injúrias, as plantas apresentaram elevado grau de comprometimento das folhas restantes, diminuindo as taxas fotossintéticas.

Em Montividiu, ficou evidente a maior toxidez dos herbicidas associados, independentemente do estágio de aplicação. Com isso, sugere-se que o sorgo apresenta diferentes respostas ao tembotrione, dependendo da região de cultivo. Por consequência, pode-se inferir que temperaturas amenas, associadas a elevada umidade relativa do ar, em razão da maior altitude, resultam em maiores taxas de fitointoxicação.

As alturas das plantas e diâmetros de colmo também foram menores nas aplicações em V₃, Tabela 6, sendo semelhantes ao encontrado em Rio Verde nas amostras que receberam aplicações neste estágio. Quanto ao comprimento de panículas, foi notória a redução dos tratamentos aplicados em V₅, em ambas as localidades (Tabela 6).

Tabela 6. Resultados das características agrônômicas do sorgo granífero híbrido BRS 330. Montividiu-GO, 2018.

Tratamentos (g i. a. ha ⁻¹)	Estádio			Média
	V ₃	V ₅	V ₇	
	Altura da planta (cm)			
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	113,4 *	120,5	119,9	117,9 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	111,5 *	120,8	120,6	117,6 a
Média	112,4 B	120,6 A	120,2 A	
Atrazine (1000)		123,2		
Testemunha		122,3		
	Diâmetro do Colmo (cm)			
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	1,0 *	1,2	1,2	1,1 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	1,0 *	1,3	1,2	1,1 a
Média	0,9 B	1,2 A	1,2 A	
Atrazine (1000)		1,2		
Testemunha		1,2		
	Comprimento de panícula (cm)			
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	24,0	20,9	21,1	22,0 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	21,9	19,6 *	21,5	21,0 a
Média	22,9 A	20,2 B	21,3 AB	
Atrazine (1000)		21,2		
Testemunha		22,5		
	Número de panículas (pan. ha ⁻¹)			
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	177.333 Ba	229.333 Aa	254.000 Aa	220.222 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	188.666 Aa	234.666 Aa	190.666 Ab	204.666 a
Média	183.000 B	232.000 A	222.333 A	
Atrazine (1000)		200.000		
Testemunha		207.333		
	Massa seca total (g)			
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	413,7 *	406,2 **	535,0	451,6 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	428,7 *	483,7	465,0	459,1 a
Média	421,2 A	445,0 A	500,0 A	
Atrazine (1000)		520,0		
Testemunha		602,0		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Diferem da testemunha e do tratamento adicional; ** diferem da testemunha pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

As amostras que receberam os tratamentos em V₃ em Montividiu apresentaram o mesmo comprimento de panículas em relação à testemunha e ao tratamento adicional. Porém, as panículas tiveram o porte reduzido e foram influenciadas negativamente pelo baixo acúmulo de nutrientes nos grãos, o que

justifica a baixa produtividade de grãos do sorgo neste estádio, em ambas as localidades.

Os índices de colheita não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 7). Não ocorreu diferença do peso da massa de mil grãos entre os estádios de aplicação e entre as doses dos herbicidas associados. Porém, foi constatado que a dose maior de tembotrione reduz o peso de mil grãos quando aplicado em V₃ e V₅, constatações semelhantes às de Rio Verde para o peso de mil grãos.

Tabela 7. Resultados médios dos componentes de produtividade de grãos do sorgo granífero híbrido BRS 330. Montividiu-GO, 2018.

Tratamentos	Estádio			Média
	V ₃	V ₅	V ₇	
	Índice de colheita (%)			
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	38,3	36,9	37,9	37,7 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	34,0	35,5	34,2	34,8 a
Média	36,6 A	36,2 A	36 A	
Atrazine (1000)			37,7	
Testemunha			33,9	
	Peso de mil grãos (g)			
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	24,8	23,8 *	27,1	25,2 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	24,1 *	22,9 *	25,0	24,0 a
Média	24,5 A	23,2 A	26,0 A	
Atrazine (1000)			25,5	
Testemunha			31,0	
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)			
Atrazine + tembotrione (1000 + 90)	2.162 *	2.807 *	2.870 *	2.613 a
Atrazine + tembotrione (1000 + 180)	1.929 *	2.692 *	2.284 *	2.315 b
Média	2.066 B	2.750 A	2.577 A	
Atrazine (1000)			3.088	
Testemunha			3.502	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Diferem da testemunha e do tratamento adicional pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade.

A maior dose de tembotrione reduziu a produtividade de grãos, principalmente nas aplicações feitas em V₃, confirmando a susceptibilidade do sorgo a este herbicida em estádios iniciais, conforme registrado por Dan et al. (2010).

Cabe destacar que os tratamentos com tembotrione reduziram a produtividade de grãos, diferindo das constatações em Rio Verde, em que a menor dose não influenciou na produtividade de grãos, independentemente da época de aplicação. Os

níveis de fitotoxidez do sorgo, mais elevados em Montividiu, tiveram reflexos negativos na altura de plantas, no diâmetro de colmo e na massa seca das plantas, o que justifica a menor produtividade nesta localidade, bem como a baixa precipitação, pois o transporte de fotoassimilados do colmo para os grãos ocorre com mais facilidade na presença de água no interior das plantas (Taiz e Zaiger, 2013).

Pelos resultados obtidos, pode-se afirmar que um mesmo híbrido de sorgo apresenta diferentes respostas de tolerância ao tembotrione em relação à região de cultivo. Para o híbrido BRS 330, a semeadura em altitudes menores e com temperaturas elevadas reduziu a fitotoxidez e melhorou os resultados de seletividade em Rio Verde. Em elevadas altitudes, com temperatura amena e alta umidade relativa do ar, a fitotoxidez nas plantas de sorgo é acentuada, o que foi verificado em Montividiu.

6.4 CONCLUSÃO

Os níveis de toxidez foram em geral maiores na dose de atrazine + tembotrione (1000 + 180 g i. a. ha⁻¹) nos dois locais, independentemente do estágio de aplicação.

O sorgo BRS 330 se recuperou visualmente da toxidez aos 28 DAA, emitindo folhas jovens sem sintomas, nas duas localidades.

A associação dos herbicidas atrazine e tembotrione reduz o comprimento de panículas do sorgo quando aplicados em V₅ e o porte quando utilizados em V₃.

A menor dose de tembotrione não influenciou na produtividade de grãos em Rio Verde. Em Montividiu, o tembotrione reduziu a produtividade de grãos, independentemente do estágio.

O sorgo BRS 330 apresenta diferentes respostas de tolerância ao tembotrione em relação às condições ambientais da região de cultivo.

6.5 REFERÊNCIAS

ABIT, J. M.; AL-KHATIB, K.; REGEHR, D. L.; TUINSTRA, M. R.; CLAASSEN, M. M.; GEIER, P. W.; STAHLMAN, B. W.; GORDON, R. S. Currie Differential response of grain sorghum hybrids to foliar-applied mesotrione. **Weed Technology**, v. 23, n. 1, p. 28-33, 2009.

BRASIL, Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p.

CABRAL, P. H.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I. S.; ARAÚJO, V. T.; PEDRINI, E. C. F. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 308-314, 2013.

CALVAYRAC C.; BONTEMPS, N.; NOUGA-BISSOUE, A. ROMDHANE, S.; COSTE, C. M.; COOPER, J. F. Photolysis of tembotrione and its main by-products under extreme artificial conditions: comparison with another β -triketone herbicide. **Science Total Environment**, v. 452, n. 1, p. 227-232, 2013.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v. 8, n.16, p. 40-55, 2015.

CUNHA, F. N.; VIDAL, V. M., SILVA, N. F.; SOARES, F. A. L.; BATISTA, P. F.; SANTOS, M. A.; MORAIS, W. A.; TEIXEIRA, M. B. Seletividade do herbicida tembotrione à cultura do sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.2, p. 281-293, 2016.

DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; DAN, L. G. M.; PROCÓPIO, S.O.; FERREIRA FILHO, W. C; MENEZES, C. C. E. Tolerância do sorgo granífero ao herbicida tembotrione. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 615-620, 2010.

DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; DAN, L. G. M.; PROCÓPIO, S. O.; CONSTANTIN, J. Potential Use of Tembotrione (HPPD Inhibitor Herbicides) in Grain Sorghum, **Weed Control**, Dr. Andrew Price (Ed.), ISBN: 978-953-51-0159-8, In Tech, (2012).

FERREIRA, E. A.; MATOS, C. C.; BARBOSA, E. A.; MELO, C. A. D.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B. Aspectos fisiológicos de soja transgênica submetida à competição com plantas daninhas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 115-121, 2015.

MACHADO, F. G.; JAKELAITIS, A.; GHENO, E. A.; OLIVEIRA JR.,R. S. DE; RIOS, F. A.; FRANCHINI, L. H. M.; LIMA, M. S. Performance de herbicidas para o controle de plantas daninhas no sorgo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 3, p. 281-289, 2016.

MATEUS, P. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F DA S. Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasília**. v. 46, n. 10, p.1161-1169, 2011.

MILLER J. N.; REGEHR D. L. Grain sorghum tolerance to post emergence mesotrione applications. North Central **Weed Science Society**, v. 57, n. 1, p. 136-143, 2002.

OLIVEIRA, M. F.; KARAM, D. Plantas daninhas. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. Sistemas de produção, 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; ARAUJO

FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA, J. B. DE; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Edição, Brasília-DF, Embrapa, 2018.

SILVA, A. G.; FRANCISCHINI, R.; GOULART, M. M. P. Desempenho agrônômico e econômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em Montividiu-GO. **Revista da Agricultura**, v. 90, n. 1, p.17 - 30, 2015.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C.A.V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed., Artmed, 2013. 918 p.

VELINI, E. D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D. L. P. (Coord.). **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBPC, 1995. 42 p.

WILLIAMS, M. BOYDSTON, R., PEACHEY, R., ROBINSON, D. Significance of atrazine as a tank-mix partner with tembotrione. **Weed Technology**, v. 25, n. 3, p. 299-302, 2011.

7. CAPÍTULO V

ARRANJO DE PLANTAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA EM SORGO GRANÍFERO NO CERRADO

PLANT ARRANGEMENT AND NITROGEN FERTILIZATION IN COVER CROP IN THE GRANIFEROUS SORGHUM IN THE BRAZILIAN CERRADO

RESUMO - O manejo cultural, associando os espaçamentos entrelinhas e a adubação nitrogenada em cobertura, pode favorecer a competição interespecífica do sorgo com as plantas daninhas. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho agrônomo de híbridos de sorgo granífero em arranjos de plantas associados à adubação nitrogenada de cobertura. Os experimentos foram instalados a campo nos municípios de Rio Verde e Montividiu, em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 3 x 2, correspondendo aos dois híbridos de sorgo granífero (Buster e BRS 330), três espaçamentos entrelinhas (0,25; 0,50; e 0,25 x 0,75 m), e à adubação nitrogenada (sem e com nitrogênio). Foram avaliados as características agrônomicas, os componentes de rendimento e a produtividade de grãos. As alturas das plantas de sorgo não foram influenciadas pelos espaçamentos de semeadura sem adição de nitrogênio, em ambos os locais. Por outro lado, a adubação nitrogenada de cobertura aumentou a competição intraespecífica dos híbridos. As médias de diâmetros basais do colmo do BRS 330 foram superiores ao Buster em Rio Verde, sendo verificado o oposto em Montividiu. O tamanho das panículas foi influenciado pelas semeaduras no espaçamento reduzido nas duas localidades. Para número de panículas, não houve significância. Em Rio Verde, a biomassa seca dos híbridos não foi influenciada pela adubação nitrogenada, enquanto

em Montividiu ocorreu incremento desta variável no sorgo semeado a 0,5 m. Os maiores índices de colheita foram registrados para o híbrido Buster semeado em Rio Verde, com redução de espaçamentos. O peso de mil grãos do BRS 330 não foi influenciado pelos espaçamentos de semeadura com ou sem adubação nitrogenada, em ambos os locais. Ocorreram diferentes respostas de produtividade em relação aos espaçamentos de semeadura e às regiões de cultivo. Os híbridos de sorgo granífero responderam à adubação nitrogenada de cobertura com ureia, aumentando a produtividade de grãos na redução dos espaçamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Plantas daninhas, *Sorghum bicolor*, espaçamento, nitrogênio, produtividade de grãos

ABSTRACT – The crop management, associating the row spacing to the nitrogen fertilization in cover crop, can favor the sorghum interspecific competition with weeds. In this sense, this study aimed to evaluate the agronomic performance of graniferous sorghum hybrids in plant arrangements associated to nitrogen fertilization nitrogen fertilization in cover crop. The experiments were carried out in randomized block design, 2x3x2 factorial scheme corresponding to the two graniferous sorghum hybrids (Buster and BRS 330), three spacings (0.25, 0.50, and 0.25 x 0.75 m), and nitrogen fertilization (with and without nitrogen) in the municipalities of Rio Verde and Montividiu, Goiás State (GO), Brazil. Agronomic characteristics, yield components and grain yield were evaluated. The heights of sorghum plants were not affected by sowing spacing without adding nitrogen in both sites. On the other hand, nitrogen fertilization nitrogen fertilization in cover crop increased hyperspecific competition of hybrids. The average basal stem diameter of the BRS 330 was higher than the Buster in Rio Verde, and it was the opposite in Montividiu. Panicle size was affected by sowing in limited spacing in both locations. There was no significance for the number of panicles. The hybrid dry biomass was not affected by nitrogen fertilization in Rio Verde, and there was an increase in this variable in sorghum sown at 0.5 m in Montividiu. The highest harvest rates were registered for the Buster hybrid sown in Rio Verde with limited spacing. The one thousand grains weight of BRS 330 was not affected by sowing spacing with or without nitrogen fertilization in both sites. There were different yield responses in relation to sowing spacing and to crop regions. Graniferous sorghum

hybrids responded to nitrogen fertilization in cover crops using urea, increasing grain yield in limited spacing.

KEYWORDS: *Sorghum bicolor*. Grain yield. Nitrogen. Spacing. Weeds.

7.1 INTRODUÇÃO

O controle químico de plantas daninhas no sorgo granífero é limitado pela baixa disponibilidade de herbicidas registrados para uso em pré ou pós-emergência no Brasil (Oliveira e Karam, 2012; Machado et al., 2016). O sorgo, tradicionalmente, é mais suscetível aos herbicidas do que as outras gramíneas comerciais, principalmente aos graminicidas aplicados em pós-emergência, o que limita a utilização de herbicidas como principal ferramenta para o manejo da comunidade infestante (Dan et al., 2012).

A busca por métodos que favoreçam o manejo integrado de plantas daninhas na cultura do sorgo é indispensável. Entre as poucas alternativas existentes, o manejo cultural, associado a outras práticas, pode ser uma ferramenta importante para a supressão de plantas daninhas. Trata-se de uma técnica de baixo custo, incorporada aos sistemas de produção.

Este método visa a aumentar a capacidade competitiva das plantas de sorgo em relação às plantas daninhas. Para isso, podem ser empregados: espaçamento reduzido entrelinhas, maior população de plantas, época adequada de semeadura, uso de híbridos adaptados às regiões de cultivo, produção de palhada seca na superfície do solo e adubações adequadas (Albuquerque et al., 2011).

Com o acréscimo na população de plantas e a redução do espaçamento entrelinhas de semeadura na cultura do sorgo, é possível maximizar a eficiência da interceptação de luz pelo aumento do índice foliar, mesmo nos estádios fenológicos iniciais, melhorar o aproveitamento de água e nutrientes e reduzir a competição intraespecífica, aumentando a produção de biomassa e grãos (Molin, 2000). O sorgo exige um adequado dimensionamento das populações de semeadura e espaçamento entrelinhas, que devem estar em conformidade com as características genótípicas das plantas utilizadas em cada região ou área de cultivo (Hammer e Broad, 2003; Albuquerque et al., 2014).

Para expressar seu potencial produtivo, a cultura do sorgo requer também o correto suprimento de suas exigências nutricionais (Simili et al., 2008). No período da

safrinha no cerrado, normalmente não se faz adubação nitrogenada de cobertura no sorgo, visto que, tradicionalmente, seu cultivo é para produção de grãos e palhada a partir da utilização dos resíduos provenientes das adubações feitas nas culturas de verão, como a soja. Essa prática tem resultado em baixa produtividade de grãos nas lavouras de sorgo (Goes et al., 2011; Ribas, 2014).

No Sudoeste de Goiás, o cultivo do sorgo é utilizado como alternativa nos sistemas de rotação e sucessão na segunda safra. Entretanto, informações sobre o espaçamento mais adequado nas entrelinhas dos híbridos são escassas pela numerosa disponibilidade de materiais, que passaram por melhoramentos na estatura, morfologia, angulação das folhas e na capacidade produtiva. Com isso, torna-se necessária a avaliação do desempenho dos híbridos de sorgo para disponibilizar ao produtor informações que o auxiliarão na escolha do híbrido e no manejo de plantas daninhas (Silva et al., 2015).

Como consequência das limitações de controle químico, o manejo de plantas daninhas nas áreas do sorgo pode ser feito com o adequado dimensionamento dos espaçamentos entrelinhas. Ressalta-se também que a adubação nitrogenada de cobertura pode ser favorável ao desenvolvimento da cultura, aumentando a capacidade competitiva com as plantas daninhas.

Diferentemente do que muitos produtores entendem, a característica de rusticidade não significa que a cultura do sorgo não precisa de nutrientes ou não responda à adubação. A cultura em questão pode apresentar elevada exigência nutricional, sobretudo quando se buscam altos índices de produtividade (Borges et al., 2016). Um dos principais nutrientes exigidos pela cultura é o nitrogênio, que, no sorgo granífero, se acumula linearmente até a maturação. No entanto, as respostas às adubações de cobertura são variáveis, estando condicionadas principalmente ao material genético, à produtividade esperada, ao teor de matéria orgânica do solo e à disponibilidade hídrica para a cultura (Mateus et al., 2011).

Esses fatores podem ser os componentes essenciais para o manejo integrado das plantas daninhas nos sistemas de cultivo que envolve o sorgo, resultando em maiores produtividades de grãos e rentabilidade ao produtor. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho agrônômico de híbridos de sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas, submetidos à adubação nitrogenada de cobertura, no Sudoeste de Goiás.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram instalados a campo nos municípios de Rio Verde (17°52'55" S e 50 55' 43" O, 741 m de altitude) e Montividiu (17°22'58" S e 51°22'40" O, 910 m de altitude), no cultivo de segunda safra em 2018, na região sudoeste de Goiás. O clima da região é tropical (Aw), com período seco no inverno e concentração de chuvas no verão. As médias anuais de precipitação e de temperatura são de 1.500 mm e 23°C, respectivamente (Cardoso et al., 2015). Os dados climatológicos estão apresentados na Figura 1.

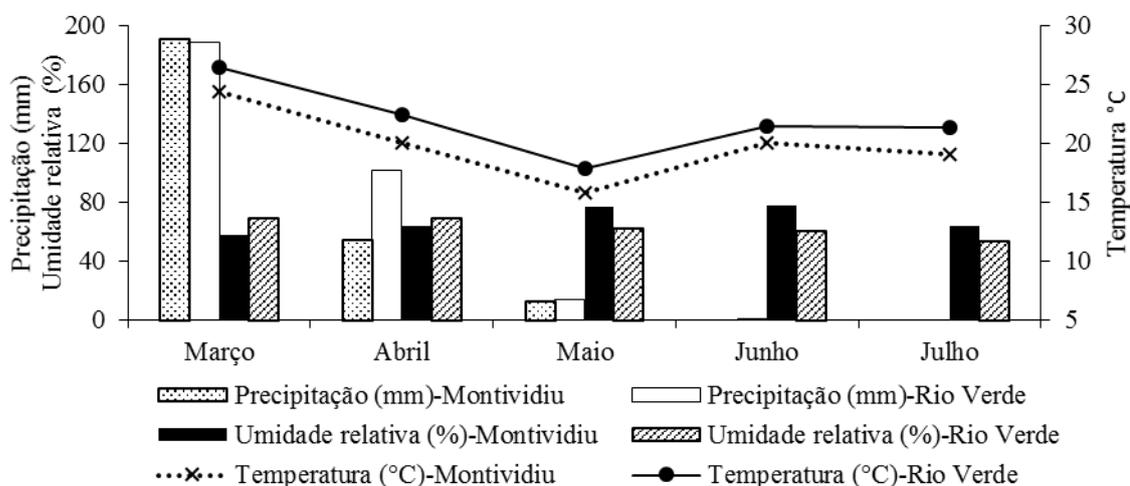


Figura 1. Dados de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média (°C) durante o período de condução dos experimentos. Rio Verde e Montividiu – GO, 2018.

O solo do experimento em Rio Verde foi classificado como Latossolo Vermelho escuro distrófico (Santos et al., 2018). Amostras de solo foram obtidas de 0,0 a 0,2 m, sendo o solo caracterizado por: pH em CaCl₂: 5,3; Ca, Mg, K, Al, H + Al, CTC e SB: 4,1; 1,2; 0,3, 0,0; 2,8; 8,4 e 5,65, respectivamente em cmol_c dm⁻³; P: 3,7 mg dm⁻³; Cu, Zn, Fe e Mn: 2,5; 1,9; 55,1; 147,1 em mg dm⁻³, respectivamente; matéria orgânica: 24,0 g dm⁻³; argila, silte e areia: 348; 121, 529 g kg⁻¹, respectivamente.

O solo em Montividiu foi classificado como Latossolo Vermelho amarelo distrófico, com a seguinte caracterização físico-química: pH em CaCl₂: 5,9; Ca, Mg, K, Al, H + Al, CTC e SB: 3,0; 0,7; 0,2, 0,0; 3,6; 7,6 e 4,0 em cmol_c dm⁻³, respectivamente; P: 26,8 mg dm⁻³; Cu, Zn, Fe e Mn: 3,6; 12,1; 56,8; 159,9 em mg dm⁻³, respectivamente; matéria orgânica: 18,7 g dm⁻³; argila, silte e areia: 225; 78 e 696 g kg⁻¹, respectivamente.

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com seis repetições em esquema fatorial 2 x 3 x 2, correspondendo aos dois híbridos de sorgo granífero com arquitetura e morfologia diferentes: Buster (porte médio, ciclo superprecoce, panículas semiabertas, grãos vermelhos e sem tanino) e BRS 330 (porte baixo, ciclo médio, panículas semiabertas, grãos vermelhos e sem tanino); três espaçamentos entrelinhas (reduzido: 0,25 m; tradicional: 0,5 m e fileiras duplas: 0,25 x 0,75 m), associado à adubação nitrogenada sem e com 200 kg ha⁻¹ de ureia lançada manualmente quando o sorgo estava com quatro folhas plenamente desenvolvidas.

A semeadura foi feita de forma mecanizada na primeira quinzena de março em área de plantio direto em sucessão à soja, sendo adotada a densidade de semeadura que possibilitasse a obtenção de uma população final de 200.000 plantas por hectare. Aos dez dias após a emergência da cultura, foi feito o desbaste das plantas, permanecendo nas unidades experimentais a população prevista. As parcelas experimentais foram formadas no espaçamento reduzido (0,25 m) por seis linhas, sendo colhidas as quatro linhas centrais, enquanto o espaçamento convencional (0,5 m), por quatro linhas, sendo colhidas as duas linhas centrais, e o espaçamento de fileiras duplas (0,25 x 0,75 m), por quatro linhas com colheitas das amostras nas duas linhas centrais internas. As parcelas apresentaram área total de 12 m² e área útil de 5 m². Foram feitas campinas manuais mantendo a cultura sem a interferência de plantas daninhas.

As avaliações das características agronômicas ocorreram na área útil das parcelas, 120 dias após a emergência. A altura de plantas, comprimento das panículas, diâmetro de colmo e biomassa seca foram obtidos da média de cinco plantas colhidas na área útil das parcelas. Utilizou-se trena graduada nas medições das alturas das plantas, tendo como referência a distância do colo à extremidade da panícula. Os diâmetros de colmo foram obtidos com auxílio de um paquímetro digital após a inserção da última folha e as panículas, medidas com trena graduada.

Após as medições, as plantas do sorgo foram coletadas para determinação da massa seca da parte aérea e dos grãos da panícula após secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C por no mínimo 72 h. Esses dados foram utilizados para obter o índice de colheita pela proporção entre o peso comercial dos grãos e a biomassa seca da parte aérea das plantas de sorgo coletadas

As panículas da área útil foram contabilizadas para estimavas do número total em hectares. Após a contabilização, as amostras foram coletadas e trilhadas mecanicamente. Posteriormente, as sementes foram pesadas, sendo determinados a

produtividade de grãos (kg ha^{-1}), com correção da umidade para 13%, e o peso da massa de mil grãos, de acordo com as Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009).

A análise estatística foi feita separadamente para cada experimento. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, sendo que na detecção de efeito significativo entre os fatores testados, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de significância para comparação entre as médias, utilizando o software estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos permitiram constatar efeitos médios significativos para interações entre os híbridos de sorgo, adubação nitrogenada e espaçamento, para a altura de plantas e o peso de mil grãos, em Rio Verde (Tabela 1). Em Montividiu, além da altura de planta de sorgo, foi verificada significância para as interações entre comprimento de panícula e produtividade de grãos. Para as demais variáveis, os resultados foram significativos nas interações simples e nos efeitos isolados dos fatores.

Tabela 1. Resumo da análise de variância das características agronômicas, componentes de rendimento e produtividade do sorgo granífero do ensaio de arranjo de plantas e adubação nitrogenada em cobertura. Rio Verde e Montividiu -GO, 2018.

Fonte de Variação	GL	--- Características agronômicas ---							
		Altura de plantas	Diâmetro do colmo	Comprimento de panículas	Número de panículas	Biomassa Seca	Índice de colheita	Peso de mil grãos	Produtividade de grãos
Quadrados médios Rio Verde-GO									
Híbrido (H)	1	1634,0**	1,1**	8,0*	41505160 ^{ns}	5425,3 ^{ns}	42,7 ^{ns}	157,2*	4164017,0**
Nitrogênio (N)	1	141,6*	0,07 ^{ns}	0,1	80222222 ^{ns}	5253,1 ^{ns}	46,8 ^{ns}	3,7 ^{ns}	2265965,6*
Espaçamento (E)	2	47,7 ^{ns}	0,73**	46,7**	356520648 ^{ns}	165659,7**	22,9 ^{ns}	18,6 ^{ns}	1953113,7*
H x N	1	8,6 ^{ns}	0,0 ^{ns}	12,5**	50000000 ^{ns}	85078,1*	2,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}	33756,6 ^{ns}
H x E	2	130,7*	0,0 ^{ns}	7,2**	713655956 ^{ns}	26105,5 ^{ns}	63,6**	12,1 ^{ns}	2166790,2*
N x E	2	21,5	0,1**	7,6**	29849203 ^{ns}	32429,1 ^{ns}	0,9 ^{ns}	3,1 ^{ns}	702731,8 ^{ns}
H x N x E	2	166,0**	0,0 ^{ns}	0,3 ^{ns}	886730092 ^{ns}	40016,6 ^{ns}	4,6 ^{ns}	33,7*	364848,2 ^{ns}
Resíduo	55	28,1	0,01	1,2	874345485	13248,3	12,24	10,7	256224,7
C.V. (%)		4,0	11,4	4,7	14,5	24,5	9,7	12,9	15,9
Média		132,1	1,2	24,0	202.833	468,4	35,8	25,4	3.173
Quadrados médios Montividiu-GO									
Híbrido (H)	1	4433,6**	0,1 ^{ns}	118,5**	20409341 ^{ns}	258001,3**	0,9 ^{ns}	34,1 ^{ns}	11721513,6**
Nitrogênio (N)	1	217,0**	0,1 ^{ns}	0,02 ^{ns}	16371881 ^{ns}	59512,5**	1,2 ^{ns}	0,16 ^{ns}	7592525,1**
Espaçamento (E)	2	160,4**	0,1 ^{ns}	11,6**	817263537 ^{ns}	55554,1**	0,8 ^{ns}	41,5*	6026004,6**
H x N	1	50,3 ^{ns}	0,3*	6,7*	13891 ^{ns}	40612,5*	12,0 ^{ns}	16,2 ^{ns}	590023,8 ^{ns}
H x E	2	98,4*	0,0 ^{ns}	0,4 ^{ns}	325898676 ^{ns}	1043,0 ^{ns}	0,1 ^{ns}	4,0 ^{ns}	3777176,6**
N x E	2	59,2 ^{ns}	0,0 ^{ns}	1,6 ^{ns}	93825796 ^{ns}	32554,1*	0,3 ^{ns}	28,1 ^{ns}	560728,2 ^{ns}
H x N x E	2	212,4**	0,2 ^{ns}	5,6**	223338293 ^{ns}	12016,6 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1323635,8*
Resíduo	55	27,4	0,06	1,0	844188630	7517,7	7,7	9,8	288974,8
C.V. (%)		4,2	20,9	4,3	13,6	13,7	6,9	11,9	14,3
Média		123,9	1,2	23,7	212.819	631,2	40,2	26,1	3.748

C.V. (%): Coeficiente de variação. ^{ns} não significativo. ** e * significativo a 1% e 5% pelo teste de F, respectivamente.

7.3.1. Experimento em Rio Verde

No desdobramento da interação tripla, o sorgo apresentou a mesma altura de plantas nos espaçamentos em ambos os híbridos na ausência de nitrogênio. Estes resultados levam a crer que há viabilidade da redução dos espaçamentos dos híbridos em relação esta variável, independentemente do tipo do ciclo, arquitetura ou morfologia das plantas. O oposto foi verificado para os tratamentos que receberam adubação nitrogenada (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios das interações triplas das variáveis do sorgo granífero do ensaio de arranjo de plantas e adubação nitrogenada em cobertura em Rio Verde-GO, 2018.

Arranjo de plantas	--- BRS 330 ---			--- BUSTER ---		
	0,25	0,50	0,25 x 0,75	0,25	0,50	0,25 x 0,75
Altura de plantas (cm)						
Sem N	126,3 Aa	121,8 Ba	128,8 Aa	136,5 Ba*	133,6 Aa*	136,6 Aa*
Com N	123,8 Ab	132,5 Aa	131,1 Aab	143,5 Aa*	134,5 Ab	136,8 Aab
Peso de mil grãos (g)						
Sem N	25,5 Aa	22,0 Aa	23,7 Aa	26,1 Ba	27,1 Aa*	26,6 Aa
Com N	23,9 Aa	23,4 Aa	25,0 Aa	30,1 Aa*	26,5 Aab	24,8 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada híbrido não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *diferenças significativas entre os híbridos na interação (H: N-E) nas linhas.

O híbrido BRS 330, semeado no espaçamento entrelinhas de 0,25 m, teve maior altura em relação ao espaçamento de 0,50 m. O oposto foi observado para o híbrido Buster. As características morfológicas deste híbrido explicam as maiores alturas registradas nos espaçamentos em relação ao BRS 330. Portanto, nota-se que os híbridos mais tardios apresentam maior crescimento quando cultivados no espaçamento tradicional, enquanto os mais precoces tendem a ter maior porte em espaçamento reduzido.

O desdobramento da interação do nitrogênio nos espaçamentos (N x E) mostrou que os diâmetros do colmo são aumentados quando o sorgo é semeado em fileiras duplas e com adubação nitrogenada, independentemente do híbrido (Tabela 3). Por outro lado, o diâmetro de colmo é reduzido quando o sorgo é cultivado em espaçamento reduzido (Tabela 4).

Tabela 3. Resultados médios das interações simples das variáveis do sorgo granífero do ensaio de arranjo de plantas e adubação nitrogenada em cobertura em Rio Verde-GO, 2018.

Nitrogênio/ Híbrido	--- Arranjo de plantas (m) ---		
	0,25	0,50	0,25 x 0,75
	--- Diâmetro do colmo (cm) ---		
Sem N	0,98 Ab	1,36 Aa	1,25 Ba
Com N	1,08 Ac	1,25 Bb	1,45 Aa
	--- Comprimento da panícula (cm) ---		
BRS 330	22,7 Ab	23,91 Ba	24,5 Ba
BUSTER	22,1 Ab	25,41 Aa	25,5 Aa
Sem N	22,5 Ab	25,1 Aa	24,4 Ba
Com N	22,4 Ac	24,1 Bb	25,6 Aa
	--- Comprimento da panícula (cm) ---		
	Sem N	Com N	
BRS 330	24,1 Aa	23,3 Bb	-
BUSTER	23,9 Ab	24,8 Aa	-
	--- Índice de colheita (%) ---		
BRS 330	32,2 Bb	35,9 Aa	37,1 Aa
BUSTER	37,5 Aa	35,9 Aa	36,4 Aa
	--- Massa seca (g) ---		
	Sem N	Com N	
BRS 330	520,0 Aa	434,1 Ab	-
BUSTER	433,8 Ba	485,5 Aa	
	--- Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) ---		
	0,25	0,50	0,25 x 0,75
BRS 330	2.594 Bb	3.318 Aa	2.883 Aab
BUSTER	3.751 Aa	3.596 Aa	2.890 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Resultados médios dos efeitos isolados dos fatores das variáveis do sorgo granífero do ensaio de arranjo de plantas e adubação nitrogenada em cobertura em Rio Verde-GO, 2018.

Arranjo de plantas (m)	Diâmetro do colmo (cm)
0,25	1,0 B
0,50	1,3 A
0,25 x 0,75	1,4 A
<hr/>	
Híbrido	
BUSTER	1,1 B
BRS 330	1,4 A
<hr/>	
Arranjo de plantas (m)	Biomassa seca (g)
0,25	373,9 B
0,50	501,0 A
0,25 x 0,75	530,2 A
<hr/>	
Adubação em cobertura	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Sem N	2.995 B
Com N	3.349 A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No cultivo do milho, foi verificado que a redução dos espaçamentos limita a interceptação da radiação solar pelo dossel da cultura e altera a competição por nutrientes, diminuindo a disponibilidade de fotoassimilados para manutenção das estruturas da planta, reduzindo os diâmetros do colmo e, conseqüentemente, a biomassa seca (Gros et al., 2006). Entretanto, Rabelo et al. (2012) relataram que o diâmetro de colmo é proporcionalmente maior com o aumento dos espaçamentos de semeadura em doses crescentes de adubação nitrogenada.

O híbrido BRS 330 apresentou média de diâmetro do colmo superior ao Buster. Plantas com colmos basais finos têm menor capacidade de translocação de água e nutrientes e são mais susceptíveis ao acamamento (Mateus et al., 2011). Resultados corroborados pelo híbrido Buster, que apresentou acamamento devido à redução do diâmetro do colmo.

As adubações nitrogenadas e fosfatadas no sorgo BR 304 proporcionaram incremento de 16% nas alturas de plantas e 17,5% no diâmetro do colmo em relação às testemunhas sem adubação, no semiárido (Pereira et al., 2014). Estes resultados foram semelhantes para altura de plantas, em que foi feita adubação nitrogenada no sorgo

cultivado com espaçamento de 0,5 m, e para o diâmetro de colmo no espaçamento de fileiras duplas.

O desdobramento das interações permitiu comprovar redução do tamanho das panículas nos híbridos semeados no espaçamento reduzido, independentemente da adubação nitrogenada em cobertura (Tabela 3). Destaca-se que somente o Buster apresentou resposta à adubação nitrogenada quanto ao comprimento das panículas. Neste contexto, em razão do ciclo precoce e da arquitetura moderna do híbrido Buster, houve resposta à adubação de cobertura. Pode-se inferir também que maior disponibilidade hídrica na adubação de cobertura é determinante na responsividade do híbrido à adição de nitrogênio.

A adubação nitrogenada não interferiu na formação da biomassa seca dos híbridos na interação dos híbridos em relação à adubação nitrogenada em cobertura (H x N) (Tabela 3). Para o espaçamento reduzido, notou-se crescimento basal apical intenso com pouco acúmulo de biomassa seca, ocorrendo no híbrido Buster, de forma mais acentuada.

Os maiores índices de colheita foram registrados no híbrido Buster semeado a 0,25 m de espaçamento entrelinhas em relação ao híbrido BRS 330. Estes dados podem estar relacionados ao menor acúmulo de biomassa seca. Nos demais arranjos, os híbridos não diferiram entre si.

Somente o peso de mil grãos do BRS 330 não foi influenciado pelos espaçamentos de semeadura e pela adubação nitrogenada em cobertura (Tabela 2). Para o híbrido Buster, o espaçamento reduzido, com adubação nitrogenada, permitiu maior valor da variável em questão, sendo superior ao espaçamento de fileiras duplas. Vale ressaltar que aplicações de ureia e sulfato de amônio no sorgo BR 304, cultivado na safrinha, ou seja, em sucessão à soja nos Cerrados, aumentaram o peso da massa dos grãos (Goes et al., 2011). Estes resultados se assemelham aos registrados para o híbrido Buster semeado no espaçamento reduzido, em Rio Verde.

Quanto à produtividade de grãos, constatou-se que dos híbridos cultivados o Buster foi o de maior produtividade de grãos no espaçamento reduzido (Tabela 3). Nos demais arranjos de plantas, os híbridos foram similares. Destaca-se que foi verificada redução na produtividade do híbrido BRS 330 semeado no espaçamento reduzido e do Buster no espaçamento de fileiras duplas em relação ao sorgo semeado no espaçamento tradicional.

De modo geral, o sorgo apresentou resposta à adubação nitrogenada em cobertura, resultando em maior produtividade de grãos, Tabela 4, conforme destacado por Rabelo et al. (2012).

Desta forma, pode-se afirmar que a adubação nitrogenada de cobertura é viável. Os dados de produtividade mostraram potencial de cultivo do híbrido BRS 330 no espaçamento de fileiras duplas (0,25 x 0,75 m) e do híbrido Buster no espaçamento reduzido (0,25 m) em comparação ao tradicional. A proposição destes arranjos de plantas para este híbrido pode ser uma alternativa de supressão de plantas daninhas nas lavouras de sorgo.

7.3.2. Experimento em Montividiu

Assim como em Rio Verde, ocorreram interações significativas para altura de plantas (Tabela 5). Os desdobramentos das interações apontaram para os dois locais resultados semelhantes para altura de plantas para o híbrido BRS 330 sem adubação de cobertura. Diferentemente das constatações em Rio Verde, o híbrido Buster não apresentou respostas à adubação de cobertura em relação à altura de plantas. Resultados que podem estar correlacionados com a menor disponibilidade hídrica na adubação em cobertura nesta última localidade (Figura 1).

Tabela 5. Resultados médios das interações triplas das variáveis do sorgo granífero do ensaio de arranjo de plantas e adubação nitrogenada em cobertura em Montividiu-GO, 2018.

Arranjo de plantas (m)	--- BRS 330 ---			--- BUSTER ---		
	0,25	0,5	0,25 x 0,75	0,25	0,5	0,25 x 0,75
Altura de plantas (cm)						
Sem N	108,5 Bb	123,5 Aa	108,7 Bb	132,9 Aa*	130,4 Aa*	129,4 Aa*
Com N	120,7 Aa	119,1 Aa	116,3 Aa	130,0 Aa*	134,6 Aa*	133,6 Aa*
Comprimento panícula (cm)						
Sem N	21,8 Ab	23,7 Aa	20,9 Bb	25,0 Aa*	25,8 Aa*	25,1 Aa*
Com N	22,0 Aa	23,0 Aa	23,2 Aa	24,5 Aab*	25,6 Aa*	24,0 Ab
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)						
Sem N	2991,4 Bab	3314,3 Aa	2484,9 Bb	4454,2 Ba*	4173,2 Aa*	3127,3 Ab*
Com N	3862,6 Aa	3449,3 Aa	3970,3 Aa*	5335,9 Aa*	4641,9 Aa*	3182,1 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada híbrido não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *diferenças estatísticas entre as cultivares na interação (H:N-E)

As maiores alturas de plantas foram registradas no híbrido Buster, diferindo estatisticamente do híbrido BRS 330. As características morfológicas deste híbrido explicam esse resultado, pois ele apresenta maior estatura. Cabe destacar que o híbrido Buster não apresentou tendência ao acamamento em Montividiu, sendo o oposto do ocorrido em Rio Verde. Condições climáticas favoráveis como ausência de ventos fortes provavelmente justifiquem a ausência visual de acamamento em Montividiu.

Conforme exposto, os diâmetros dos colmos dos híbridos avaliados não foram influenciados pela adubação nitrogenada (Tabela 6). O híbrido Buster apresentou resultados médios de diâmetro do colmo maiores que o híbrido BRS 330 sem a adubação de cobertura. Resultados contrários aos registrados em Rio Verde. Estes dados reforçam as afirmativas de que a escolha do híbrido deve estar relacionada às condições ambientais da região de cultivo (Albuquerque et al., 2014; Silva et al., 2015).

Tabela 6. Resultados médios das interações simples das variáveis do sorgo granífero do ensaio de arranjo de plantas e adubação nitrogenada. Montividiu-GO, 2018.

Híbrido	--- Diâmetro do colmo (cm) ---			
	Sem N		Com N	
BRS 330	1,2	Ba	1,2 Aa	
BUSTER	1,4	Aa	1,1 Ab	
--- Massa seca (g) ---				
BRS 330	576,3	Ba	566,3 Bb	
BUSTER	743,6	Aa	638,6 Aa	
--- Massa seca (g) ---				
Arranjo de plantas (m)	0,25		0,50	0,25 x 0,75
Sem N	596,6	Ab	664,5	Aab 718,7 Aa
Com N	556,6	Ab	670,4	Aa 580,4 Bb

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto ao comprimento das panículas para o híbrido BRS 330, notou-se redução nos espaçamentos reduzidos e de fileiras duplas (Tabela 5). Essa mesma constatação foi verificada em Rio Verde para o sorgo semeado no espaçamento reduzido. O comprimento da panícula foi influenciado positivamente pela adubação nitrogenada no sorgo cultivado em fileiras duplas no híbrido BRS 330 (Tabela 5). Pereira et al. (2014) também registraram responsividade do tamanho das panículas às

adubações nitrogenadas e de P_2O_5 no semiárido do Nordeste no sorgo granífero BR 304, semeado com espaçamentos entrelinhas de 0,7 m.

Quanto ao número de panículas, assim como em Rio Verde, não foi encontrada significância. Por outro lado, em relação à biomassa seca, o desdobramento da interação dos híbridos em relação à adubação nitrogenada (H x N) permitiu constatar maiores médias para o híbrido Buster (Tabela 6). Por outro lado, no desdobramento da interação da adubação nitrogenada nos espaçamentos (N x E), a adubação de cobertura favoreceu o aumento da biomassa seca no espaçamento tradicional em comparação com os demais.

Para os índices de colheita, não houve efeitos significativos para as fontes de variação analisadas. No que se refere ao peso de mil grãos, a redução dos espaçamentos para 0,25 m permitiu a obtenção de maior valor em relação ao tradicional (Tabela 7). Estes resultados foram semelhantes aos encontrados em Rio Verde, confirmando que a redução do espaçamento não interfere no acúmulo de fotoassimilados nos grãos.

Tabela 7. Resultados médios dos efeitos isolados das variáveis de cultivares de sorgo granífero do ensaio de arranjo de plantas e adubação nitrogenada em cobertura. Montividiu-GO, 2018.

Arranjo de plantas (m)	Massa seca (g)	Peso de mil grãos (g)
0,25	576,6 B	26,3 AB
0,5	667,5 A	27,3 A
0,25 x 0,75	649,5 A	24,7 B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No desdobramento da interação em Montividiu, o híbrido BRS 330 teve a maior produtividade de grãos quando cultivado no espaçamento reduzido e de fileira duplas com adubação nitrogenada (Tabela 5). Dados diferentes dos registrados em Rio Verde que apontam para efeito do ambiente na semeadura do híbrido no espaçamento reduzido.

É importante dizer que o híbrido BRS 330, semeado no espaçamento tradicional, ou seja, a 0,5 m de distância entrelinhas, não apresentou resposta à adução de cobertura nos dois locais de cultivo. Por outro lado, a adubação de cobertura resultou na mesma produtividade de grãos entre os espaçamentos de semeadura do híbrido BRS 330 em Montividiu.

Para o híbrido Buster, a maior produtividade foi verificada no espaçamento reduzido nos tratamentos com adição de nitrogênio (Tabela 5). O oposto foi verificado para este híbrido cultivado em fileiras duplas, ou seja, obteve-se menor produtividade de grãos, independentemente da adução nitrogenada. A possibilidade de redução de espaçamentos para este híbrido é apontada como alternativa para a supressão e manejo de plantas daninhas.

Na comparação dos híbridos, o Buster apresentou maior produtividade de grãos em relação ao BRS 330, exceto na semeadura de fileiras duplas. Características como altura de planta, diâmetro do colmo e comprimento da panícula podem ter sido determinantes para esse resultado, pois existe correlação direta dessas variáveis com resultados de produtividade (Silva et al., 2015). Além disso, plantas de sorgo com diâmetros maiores têm maior capacidade de translocação de fotoassimilados do colmo, água e nutrientes do solo (Mateus et al., 2011).

A produtividade de grãos registrada em Montividiu foi superior às encontradas em Rio Verde, com exceção do espaçamento em fileiras duplas (Tabela 2). As maiores concentrações de fósforo apontadas nos resultados das análises podem justificar esse resultado. O fósforo participa das divisões celulares e se relaciona diretamente com a formação de novos tecidos e com o acúmulo de matéria seca, fotossíntese, formação de açúcares, amidos, energia (moléculas de ATP) e influencia na absorção e no metabolismo de vários outros nutrientes, especialmente do nitrogênio, influenciando diretamente na produtividade de grãos (Novais e Smith, 1999; Taiz e Zeiger, 2013).

Estudos na cultura do milho sob as mesmas condições de cerrado têm mostrado viabilidade de redução nos espaçamentos entrelinhas de semeadura, inclusive com aumento de produtividades (Kappes et al., 2011; Gilo et al., 2011). Gomes e Karam (2018), em estudos conduzidos com sorgo sacarino e sorgo granífero em Minas Gerais, concluíram que o aumento da população de plantas e a redução do espaçamento de semeadura podem ser considerados fatores de supressão de plantas daninhas, conforme constatado para o híbrido de sorgo sacarino BRS 506, com 0,25 m de espaçamento entrelinhas.

Desta maneira, mediante os resultados de produtividade de grãos registrados nesse estudo, em condições de menor altitude e temperaturas mais elevadas, como verificado em Rio Verde, o híbrido BRS 330 pode ser semeado no espaçamento de fileiras duplas com adubação em cobertura. Por outro lado, o híbrido Buster, nessas

mesmas condições, pode ser cultivado no espaçamento reduzido com ou sem adubação nitrogenada.

Diferentemente, sob condições climáticas de maiores altitudes e temperaturas amenas, o híbrido BRS 330 pode ser semeado nos espaçamentos reduzidos e de fileiras duplas com adição de nitrogênio, enquanto, para o híbrido Buster, a redução dos espaçamentos entrelinhas é viável sem exigência da adubação em cobertura nessas mesmas condições.

É oportuno enfatizar que, de maneira geral, os híbridos de sorgo apresentaram responsividade à adubação em cobertura, aumentando a produtividade de grãos na redução dos espaçamentos. São indicadas redução dos espaçamentos e adubação nitrogenada do sorgo granífero para favorecimento da competição interespecífica com as plantas daninhas na região do Cerrado, levando em consideração as características dos híbridos e a região de cultivo.

7.4 CONCLUSÃO

Os resultados de produtividade permitiram concluir que, em Rio Verde, a redução dos espaçamentos de semeadura do híbrido BRS 330 é indicada para o plantio em fileiras duplas, enquanto o híbrido Buster é indicado para o espaçamento reduzido.

Por outro lado, em Montividiu, o híbrido BRS 330 pode ser semeado nos espaçamentos reduzido e de fileira dupla, com adubação nitrogenada, enquanto o híbrido Buster, no espaçamento reduzido, com ou sem adubação nitrogenada de cobertura.

7.5 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. V.; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. DA S.; MENDES, M. C. Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido. **Bragantia, Campinas**, v. 70, n. 2, p.278-285, 2011.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; MANTOVANI, E. C.; MENEZES, C. B. de; TARDIN, F. D.; FREITAS, R. S. de; MAY, A.; ZANDONADI, C. H. S. Sorgo granífero: manejo, colheita e armazenamento. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p.41-48, 2014.

BRASIL, Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p.

BORGES, I. D.; FRANCO, A. A. N.; KONDO, M. K.; MARTINS, D. C.; TEIXEIRA, E. C.; MOREIRA, S. G. Acúmulo de macronutrientes na cultura do sorgo granífero na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e sorgo**, v. 15, n. 2, p. 294-304, 2016.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v.8, n.16, p.40-55, 2015.

DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; DAN, L. G. M.; PROCÓPIO, S. O.; CONSTANTIN, J. Potential Use of Tembotrione (HPPD Inhibitor Herbicides) in Grain Sorghum, **Weed Control**, Dr. Andrew Price (Ed.), ISBN: 978-953-51-0159-8, In Tech, 2012.

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

GILO, E. G.; SILVA JÚNIOR, C. A.; TORRES, F. E.; NASCIMENTO, E. S.; LOURENÇÃO, A. S. Comportamento de híbridos de milho no cerrado Sul-Mato-Grossense, sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, p. 908- 914, 2011.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; ARRUDA, O. G. DE; VILELA, R. G. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no sorgo granífero na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 2, p. 121-129, 2011.

GOMES, T. C.; KARAM, D. Dinâmica populacional de plantas daninhas em áreas com sorgo sacarino e granífero com diferentes espaçamentos e densidades de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 3, p. 390-399, 2018.

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entrelinhas na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006.

HAMMER, G. L.; BROAD, I.J. Genotype and environment effects on dynamics of harvest index during grain filling in sorghum. **Agronomy Journal**, v. 95, n. 1, p. 199-206, 2003.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 348-359, 2011.

MACHADO, F. G.; JAKELAITIS, A.; GHENO, E. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. DE; RIOS, F. A.; FRANCHINI, L. H. M.; LIMA, M. S. Performace de herbicidas para o controle de plantas daninhas no sorgo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 3, p. 281-289, 2016.

MATEUS, P. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F DA S. Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p.1161-1169, 2011.

MOLIN, R. **Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho**. Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, Castro, 2000. 2p.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

OLIVEIRA, M. F.; KARAM, D. Plantas daninhas. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. Sistemas de produção, 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

PEREIRA, R. G.; OLIVEIRA, F. H. T. DE; SILVA, G. F. DA; PAIVA, M. R. DE F. C.; JÚNIOR, J. N. Rendimento do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 3, p. 285-299, 2014.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; ARAUJO FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA, J. B. DE; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Edição, Brasília-DF, Embrapa, 2018.

RABELO, F. H. S.; RABELO, C. H. S.; DUPAS, E.; NOGUEIRA, D. A.; REZENDE, A. V. Parâmetros agronômicos do sorgo em razão de estratégias de semeadura e adubação. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 5, n. 1, p. 47-55, 2012.

RIBAS, P. M. Origem e importância econômica. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. **Sorgo, do plantio à colheita**. 1ª ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, p. 09-36, 2014.

SILVA, A. G.; FRANCISCHINI, R.; GOULART, M. M. P. Desempenho agronômico e econômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em Montividiu-GO. **Revista da Agricultura**. v. 90, n. 1, p. 17 - 30, 2015.

SIMILI, F. F.; REIS, R. A.; FURLAN, B. N.; PAZ, C. C. P.; LIMA, M. L. P.; BELLINGIERI, P.A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 474-480, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª. ed., Artmed, 2013. 918 p.

8. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os efeitos da associação dos herbicidas atrazine e tembotrione no sorgo granífero variam de acordo com a dose utilizada, o estágio fenológico de aplicação, o híbrido semeado e as condições ambientais da região de cultivo. Em regiões de baixa altitude, em associação com reduzida umidade relativa do ar e anos de pouca precipitação pluviométrica, os níveis de fitointoxicação são menores. Por outro lado, os danos nas plantas de sorgo são potencializados em locais de maiores altitudes, temperaturas amenas, elevada umidade relativa do ar e precipitação.

São indicadas redução dos espaçamentos e adubação nitrogenada em cobertura no sorgo granífero para favorecimento da competição interespecífica com plantas daninhas na região do Cerrado, levando em consideração as características dos híbridos e a região de cultivo.

O sorgo granífero emite folhas jovens sem sintomas de fitotoxidez resultante da aplicação do tembotrione, mas a produtividade de grãos é afetada.