

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-EMERGÊNCIA
NA CULTURA DO SORGO BIOMASSA**

por

SANDRO MIRANDA RODRIGUES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Bioenergia e Grãos.

Rio Verde – GO

Setembro – 2019

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-EMERGÊNCIA
NA CULTURA DO SORGO BIOMASSA**

por

SANDRO MIRANDA RODRIGUES

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Pablo Diego Silva Cabral – IF Goiano - Polo de Inovação

Prof. Dr.^a Renata Pereira Marques – IF Goiano - Polo de Inovação

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

RR696s Rodrigues, Sandro
SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-
EMERGÊNCIA NA CULTURA DO SORGO BIOMASSA / Sandro
Rodrigues; orientador Pablo Diego Silva Cabral; co-
orientadora Renata Pereira Marques. -- Rio Verde,
2019.
30 p.

Dissertação (em Mestrado em Bioenergia e Grãos) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. Bioenergia. 2. Controle químico. 3. Tolerância.
I. Diego Silva Cabral, Pablo, orient. II. Pereira
Marques, Renata, co-orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376



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 type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" 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: Sandro Miranda Rodrigues
Matrícula: 2017202331540140
Título do Trabalho: SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-EMERGÊNCIA NA CULTURA DO SORGO BIOMASSA

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

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

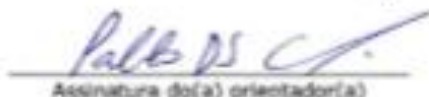
O/A referido/a autor/a declara que:

- 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 incluídos 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., 07/12/2019.
Local Data


Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENERGIA E GRÃOS

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM
PRÉ-EMERGÊNCIA NA CULTURA DO SORGO
BIOMASSA**

Autor: Sandro Miranda Rodrigues
Orientador: Pablo Diego Silva Cabral

TITULAÇÃO: Mestre em Bioenergia e Grãos – Área de concentração
Agroenergia.

APROVADA em 27 de setembro de 2019.


Prof. Dr. João Carlos Modernel da
Silveira
Avaliador externo
IF Goiano/ Campus Rio Verde


Prof. Dr. Adriano Perin
Avaliador interno
IF Goiano/ Campus Rio Verde


Prof.ª Dr.ª Renata Pereira Marques
Avaliadora interna
IF Goiano/ Polo de Inovação


Prof. Dr. Pablo Diego Silva Cabral
Presidente da banca
IF Goiano/ Polo de Inovação

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, amigos e em especial a minha mãe, Clarice Inocêncio Miranda Rodrigues e ao meu amado pai, Raul Rodrigues (*in memoriam*), que sempre acreditou e não mediu esforços para me dar uma boa educação.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, por ter me dado, sabedoria, discernimento, oportunidade e saúde para estar aqui hoje apresentando o presente trabalho.

A minha família por sempre incentivar meus estudos e sempre me apoiar nas horas difíceis e mostrar que o estudo foi sempre a melhor opção, para alcançar uma vida mais digna.

A minha noiva Hemilaine Campos Padua, por sempre estar ao meu lado e entender a minha ausência nas horas necessárias.

Aos meus amigos de república arame farpado, minha segunda família, pelo apoio e sempre estarem comigo nas horas difíceis.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, pela oportunidade e apoio, na concretização dessa nova etapa da minha vida.

Ao GAPES – Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano, em nome do Coordenador Túlio Gonçalo, que há alguns anos vem me acompanhado em minha trajetória.

Ao meu Orientador Pablo Diego Silva Cabral e minha co-orientadora Renata Pereira Marques, por entender minhas dificuldades e sempre me apoiar na execução do projeto e escrita.

SUMÁRIO

RESUMO	2
ABSTRACT	3
1.INTRODUÇÃO.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1 Biomassa.....	6
2.2 Oferta de biomassa no Brasil.....	8
2.3 Sorgo biomassa.....	9
2.4 Manejo de Plantas daninhas	11
2.5 Controle químico	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5. CONCLUSÃO.....	27
6. BIBLIOGRAFIA	28

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-EMERGÊNCIA NA CULTURA DO SORGO BIOMASSA

por

SANDRO MIRANDA RODRIGUES

Sob Orientação do Professor Dr. Pablo Diego Siva Cabral – IF Goiano – Polo de
Inovação

RESUMO

O sorgo biomassa surge como uma fonte de matéria-prima para a produção de bioenergia. Há poucos trabalhos na literatura que subsidiam em estabelecer a seletividade que alguns herbicidas que podem apresentar para essa cultura. O objetivo do trabalho foi verificar a seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura do sorgo biomassa. O experimento foi conduzido em 2 etapas. A 1ª etapa, no inverno e a 2ª etapa verão 2018/19, em condições de campo. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso para as duas etapas em campo, com três repetições. Os tratamentos são oriundos do esquema fatorial: 3x6 (híbridos x herbicidas). Os híbridos comerciais de sorgo biomassa utilizados foram da empresa NEXSTEPPE, sendo eles: (1009, 2562 e 5D61). Os herbicidas testados para avaliação, foram: clomazona (800 g L⁻¹), carfentrazone-etilica + clomazona (15 + 600 g L⁻¹), atrazina (400 g L⁻¹), s-metalaclo (960 g L⁻¹), sulfentrazone (500 g L⁻¹) e controle (sem capina). Avaliou-se a toxicidade dos herbicidas sobre as plantas de sorgo, utilizando a escala EWRC, a altura de plantas de sorgo, matéria fresca, matéria seca, nas plantas daninhas avaliou-se peso fresco e seco. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste de F e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Os herbicidas apresentaram comportamentos distintos na safra verão e na safrinha. Na safra verão, o herbicida Clomazona apresentou maior fitotoxicidade, interferiu em altura de planta e no acúmulo de biomassa. Em comparação que na safrinha, o herbicida sulfentrazone, apresentou maior fitotoxicidade, interferiu em altura de planta e no acúmulo de biomassa.

Palavras-chave: Bioenergia; controle químico; tolerância.

SELECTIVITY OF PRE-EMERGENCY APPLIED HERBICIDES IN BIOMASS SORGO CULTURE

by

SANDRO MIRANDA RODRIGUES

Sob Orientação do Professor Dr. Pablo Diego Silva Cabral – IF Goiano – Polo de
Inovação

ABSTRACT

Biomass sorghum emerges as a source of raw material for bioenergy production. There are few studies in the literature that establishing the selectivity that some herbicides may present for this crop. The objective of this work was to verify the herbicides selectivity applied in pre-emergence in biomass sorghum crop. The experiment was carried out in 2 stages. The first stage in winter and the second one on summer 2018/19, under field conditions. The design used for the two stages was randomized blocks, with three replications. The treatments come from the factorial scheme: 3x6 (hybrids x herbicides). The commercial biomass sorghum hybrids used were from the company NEXSTEPPE, namely: (1009, 2562 and 5D61). The herbicides tested for evaluation were: clomazone (800 g L⁻¹), carfentrazone ethyl + clomazone (15 + 600 g L⁻¹), atrazine (400 g L⁻¹), s-methacrylate (960 g L⁻¹), sulfentrazone (500 g L⁻¹) and control (without weeding). There were evaluated the herbicide toxicity on sorghum plants using the EWRC scale, sorghum plant height, fresh matter, dry matter, weed weight and fresh weight. Data were subjected to analysis of variance by the F test and means compared by the Scott-Knott test at 5% probability. The herbicides showed different behaviors in summer and in the off-season. In the summer crop, the herbicide Clomazona presented higher phytotoxicity, interfering in plant height and biomass accumulation. In the off-season, the herbicide sulfentrazone presented higher phytotoxicity, interfering in plant height and biomass accumulation.

Key words: Bioenergy; chemical control; tolerance.

1. INTRODUÇÃO

A demanda por fontes de energia renováveis vem crescendo gradativamente ao longo dos anos, tanto no cenário nacional quanto mundial, como por exemplo, a energia térmica, energia eólica, e uma opção que se mostra cada vez mais importante é o uso da biomassa. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2007), biomassa é todo o recurso renovável que provem de matéria orgânica, podendo ser destinada para diversas finalidades, sendo a produção de energia uma que se destaca. Uma das vantagens da biomassa é o seu aproveitamento para a geração de energia, feita diretamente, por meio da combustão em fornos e caldeiras em sistemas de cogeração (produção combinada de calor e eletricidade).

A participação da biomassa na matriz energética brasileira (oferta interna de eletricidade e combustíveis) é de 32,2%, a partir da utilização de lenha e carvão vegetal (10,10%), produtos da cana-de-açúcar (17,5%) e outros (4,6%) (Goldemberg, 2017). Observa-se, que a grande porcentagem da biomassa brasileira voltada para a produção de energia, está sustentada pelo uso da lenha, carvão e cana-de-açúcar. Mas, dentro da menor faixa (3,2%), tem-se algumas culturas que se destacam em produção de biomassa, por exemplo, o sorgo biomassa, pelo seu alto rendimento energético, ciclo, potencial produtivo e facilidade operacional.

Segundo Parrella (2011), o sorgo biomassa apresenta alto rendimento energético por hectare e ciclo curto (150 a 180 dias). Fornecedor de matéria-prima na produção de etanol celulósico, cogeração de energia e essa biomassa produzida em grande quantidade pode ser uma fonte interessante de forragem (May, 2013). Também é ideal como matéria-prima energética pela sua versatilidade como fonte de amido, açúcar e lignocelulose, fazendo com que este ocupe uma posição única como fonte de biomassa

adaptável, apto a finalidade tanto para obtenção de produtos tradicionais e avançados, biocombustíveis e tecnologias, bem como para os mercados emergentes, como a energia verde e produção de químicos renováveis (Carrilo *et al.* 2014). Apresenta grande quantidade de massa verde, caule fibroso e porte alto (Embrapa, 2014). Permite mecanização do plantio para a colheita, com capacidade de produzir grande quantidade de biomassa por hectare (Schuck *et al.* 2014).

No entanto, uma série de fatores podem limitar o desenvolvimento e a produção de diversas culturas de importância econômica, como a cultura do sorgo, que pode ser uma fonte de produção de biomassa de origem vegetal. Porém, no sistema produtivo do sorgo, diversos manejos são integrados, adubação, controle de pragas, doenças e plantas daninhas. E um destes fatores limitantes, são as plantas daninhas, que podem propiciar perdas na produtividade pela competição por fatores limitados no meio (luz, nutrientes e água), dificultando assim a colheita, além de contribuírem como hospedeiras de pragas, doenças e exercerem pressão de natureza alelopática sobre o mesmo (Pitelli, 1985).

Geralmente, os métodos mais empregados para o controle de plantas daninhas são o químico, mecânico e cultural. Apesar de que o recomendado para o controle seja a associação entre estes métodos, o uso de herbicidas registrados para a cultura, sobressai-se aos demais (Embrapa, 2003).

Inúmeras são as causas que instigam a competição entre as plantas cultivadas e as plantas daninhas. A percepção da capacidade de interferência de plantas daninhas sobre as culturas é imprescindível na tomada de decisão para execução do controle (Vidal *et al.* 2004). Porém, não é apenas a identificação das plantas daninhas e o período de interferência que são os mais importantes, mas também, o conhecimento dos produtos fitossanitários a serem aplicados, o seu comportamento no ambiente, o efeito seletivo que eles apresentam para as culturas e a porcentagem de controle que eles apresentam

sobre as espécies daninhas alvo. Assim, várias possíveis alternativas podem ser adotadas, alguns exemplos como a mistura de moléculas, que contribui para a rotação de mecanismos de ação, e a modalidade de aplicação de produtos, como os de ação de controle em pré-emergência.

Portanto, para que os métodos de controle de plantas daninhas utilizados sejam eficientes, principalmente os químicos, esses produtos devem apresentar tanto um controle satisfatório sobre a espécie daninha alvo, quanto seletividade necessária para que a cultura econômica principal se desenvolva, sem limitações e alcançar seu teto produtivo máximo. Dessa forma, a busca por moléculas que possam ser utilizadas no manejo químico de plantas daninhas infestantes na cultura do sorgo biomassa, é de grande importância, para a consolidação e expansão dessa cultura no território nacional.

Objetivou-se com esse trabalho testar a seletividade de moléculas de herbicidas em pré-emergência sobre três híbridos de sorgo biomassa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Biomassa

Biomassa de origem vegetal é todo material orgânico que tem origem na fotossíntese vegetal, que é o processo em que ocorre a redução do gás carbônico (CO₂ do ar), uma molécula inorgânica, a um composto orgânico reduzido (carboidrato), sendo realizada principalmente pelos vegetais a partir da luz solar (Souza, 2011). A energia química armazenada na biomassa pode ser liberada diretamente por combustão ou convertida para outros tipos de combustíveis líquidos, sólidos ou gasosos, de acordo com a especificidade de uso, como biocombustíveis e biomateriais.

O potencial energético da biomassa é medido através do poder calorífico (Telmo & Lousada, 2011). O poder calorífico é a quantidade de calorias (energia) liberadas por um material em sua combustão completa, sendo esta quantidade proporcional ao peso do material carbonizado (Quirino, 2011). A energia contida em um combustível será maior quanto maior for o seu poder calorífico, mostrando assim a importância do conhecimento dessa propriedade para avaliação de um combustível como insumo energético.

A biomassa vegetal é composta por quantidades variáveis de celulose, hemicelulose, lignina e pequenas quantidades de lipídios, proteínas, açúcares simples e amidos (Vieira, 2012). A biomassa também contém constituintes inorgânicos e uma fração de água. Dentre estes compostos a celulose, hemicelulose e lignina são os três constituintes principais (Zhang *et al.* 2010) que influenciam diretamente na conversão da biomassa em biocombustíveis.

Neste contexto, o uso sustentável da biomassa poderá ser realizado em biorrefinarias através de métodos que oferecem vantagens econômicas, ambientais e estratégicas. As biorrefinarias são compostas por instalações integradas de tecnologias que convertem a biomassa em produtos de valor agregado como: biocombustíveis de transporte, energia e produtos químicos (Cherubini & Stromman, 2011). Através da produção de vários produtos, uma biorrefinaria pode tirar vantagem dos diferentes componentes da biomassa e seus intermediários, além de maximizar o valor derivado a partir da matéria-prima da biomassa de acordo com a disponibilidade do mercado (Luo *et al.* 2009).

2.2 Oferta de biomassa no Brasil

No Brasil um dos principais setores que ofertam biomassa é o setor sucroenergético que compreende a cadeia agroindustrial relacionada com a produção de açúcar, bioetanol e bioeletricidade (Nastari, 2012). Normalmente as usinas priorizam a produção de açúcar, que resulta em maior retorno financeiro, porém, é comum a produção integrada destes três produtos. Isso porque o mercado de alimentos é limitado e é altamente subsidiado pelos países concorrentes. Além do açúcar e/ou etanol, há grande quantidade de resíduos (fibras) geradas, que quando aproveitadas para produção de bioeletricidade resulta em otimização dos processos industriais.

Além disto, o Brasil possui uma matriz elétrica predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que corresponde a 65,2% da oferta interna de energia elétrica (EPE, 2015). Atualmente, cerca de 5% da matriz brasileira de geração de energia elétrica é oriunda da queima do bagaço da cana-de-açúcar. A bioeletricidade sucroenergética é uma fonte de energia que contribui para a segurança da oferta brasileira de energia elétrica por diversificar a matriz, ser sustentável ambientalmente e, sobretudo, ser complementar à geração hídrica (Única, 2010).

A demanda por biomassa para a queima direta em caldeiras tem sido crescente. Historicamente, as usinas termoelétricas trabalham com gás natural ou carvão, mas muitas delas começam a se interessar por queima de biomassa, redesenhadas para tal oportunidade, alimentando-se de resíduos de qualquer origem vegetal ou de biomassa produzida em ambientes intensivos, perfeitamente dimensionados para atendimento de demandas específicas de energia (May *et al.* 2013).

Uma das alternativas mais promissoras para o fornecimento de matéria-prima para queima direta é o sorgo biomassa, pois tem ciclo curto (cerca de 150 a 180 dias), é propagado por sementes e permite total mecanização de seus processos de produção,

corte, carregamento e transporte para a unidade termoelétrica. Contudo, faltam ainda informações detalhadas sobre o manejo mais adequado para altas produtividades de biomassa (May *et al.* 2013).

2.3 Sorgo biomassa

Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma planta originária do continente africano mais precisamente da África Oriental (Sudão e/ou Etiópia). Provavelmente, foi introduzido no Brasil no século XX pela região nordeste (Ribas, 2014). Com relação à produção mundial de sorgo no ano 2018, segundo o Departamento de Agricultura dos EUA (USDA), a produção foi de 58,36 milhões de toneladas, sendo os EUA o maior produtor mundial, com de produção de 9,24 milhões de toneladas, seguido pela Nigéria com 6,55 milhões de toneladas, já o Brasil encontra-se em 9º lugar como produtor mundial.

A área cultivada com sorgo no Brasil, a partir do início dos anos 1990, e isso se deve principalmente à criação do Grupo Pró-sorgo que teve como objetivo o fomento da produção de sorgo no país, com maior divulgação das potencialidades da cultura, além da crescente importância da safra de inverno (segunda safra ou safrinha) na região central do Brasil, onde o sorgo se destaca por apresentar maior resistência ao estresse hídrico do que o milho. De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento, a safra de sorgo de 2017/2018 no Brasil gira em torno de 2,9 milhões de toneladas produzidas em uma área de cultivo de 652,8 mil hectares, sendo os maiores produtores nacionais os estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia (Conab, 2018).

Pertencente ao grupo das poaceas, e ser uma planta C4, o sorgo apresenta altas taxas fotossintéticas, sendo considerada uma das plantas mais eficientes no acúmulo de biomassa por unidade de área do mundo. Além disto, possui alto potencial de

rendimento, facilidade de cultivo, ampla adaptabilidade e reprodução por sementes, tornando-se uma espécie atraente para exploração de energia (Magalhães *et al.* 2003).

O gênero *Sorghum* é constituído por diversos membros de interesse comercial, independente da morfologia e finalidade de sua utilização, e são reconhecidos pelo menos cinco tipos agronômicos de sorgo no mercado de sementes da maioria dos países produtores, incluindo o Brasil. Estes são o granífero, corte e pastejo, forrageiro, sacarino e biomassa (Borém *et al.* 2014).

O sorgo biomassa, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, semelhante aos capins elefante e napier, surge como uma das fontes de energia renovável para a crescente demanda energética. É uma cultura de porte muito alto, podendo chegar a 6 metros de altura. Possui colmos grossos e fibrosos, panículas pequenas e baixa produção de grãos. É sensível ao fotoperíodo, pois floresce apenas quando os dias possuem menos de 12 horas e 20 minutos, ou seja, período entre 21 de março e 22 de setembro, na maior parte do Brasil (Pereira Filho *et al.* 2013).

O sorgo biomassa apresenta qualidade para geração de energia, com poder calorífico similar ao da cana, do eucalipto e do capim-elefante (Embrapa, 2014). O material pode ser utilizado em usinas termoelétricas, como também em indústrias que têm caldeiras e geram energia para consumo próprio. É um material que se mostra mais econômico por produzir muita biomassa em curto intervalo de tempo, chegando a produção de 150 toneladas de matéria fresca por hectare e até 50 toneladas de matéria seca. Além disso, é um tipo de sorgo vigoroso, resistente a pragas, a doenças e tem boa tolerância ao acamamento (Torres, 2013). Porém, são escassos os estudos sobre o manejo de plantas daninhas, quanto ao uso de herbicidas aplicados em pré e pós emergência da cultura.

2.4 Manejo de plantas daninhas

O sorgo biomassa, ao contrário dos outros tipos de sorgo (granífero e forrageiro), apresenta rápido crescimento inicial. Porém, para que a cultura possa expressar todo o seu potencial produtivo, é necessário que o manejo de plantas daninhas seja realizado de forma adequada, principalmente durante a fase de estabelecimento da cultura. Um bom programa de manejo de plantas daninhas deve permitir a máxima rentabilidade com o mínimo de risco econômico e ambiental (May *et al.* 2013).

Para isso, o produtor deve conhecer a capacidade competitiva das espécies daninhas presentes em sua área e fazer a utilização de diferentes estratégias de controle, que melhor se adequam a sua realidade. Dentre as alternativas de controle de plantas daninhas que podem ser utilizadas na cultura do sorgo, destacam-se o controle preventivo, mecânico, cultural e químico.

Um dos componentes-chave para adoção do manejo integrado de plantas daninhas é identificar o momento adequado de controle da comunidade infestante ao longo do ciclo da cultura. É importante identificar o período crítico de prevenção à interferência (PCPI). O PCPI é o período que se prolonga do final do período anterior a interferência (PAI) até o final do período total de prevenção a interferência (PTPI), em que a convivência das plantas daninhas com as culturas pode causar prejuízos (Pitelli, 1985). Para sorgo biomassa poucos estudos sobre o PCPI, porém para sorgo sacarino o PCPI situou-se entre o estágio fenológico V3 a V11 corresponde ao intervalo entre a terceira e a décima primeira folha completamente expandida, ou 14 a 58 DAE (Silva *et al.* 2014). Para sorgo granífero, cultivado em safrinha, o PAI foi até os 23 DAE, o PTPI até os 42 DAE e o PCPI de 23 a 42 DAE, intervalo entre a emissão da quinta e da nona folha da planta (Cabral, 2013).

2.5 Controle químico

O controle químico consiste no uso de herbicidas registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, objetivando o controle das plantas daninhas. É atualmente o método de controle mais adotado, porém, é importante salientar que o herbicida é uma molécula química que deve ser manuseada cuidadosamente, para evitar o risco de contaminação do ambiente e do aplicador (May *et al.* 2013). Atualmente, somente o herbicida atrazina possui produtos comerciais registrados para uso na cultura do sorgo (Agrofit, 2019). Este herbicida pode ser utilizado tanto em pré quanto em pós-emergência das plantas daninhas e da cultura, dependendo do registro comercial do produto.

Dentre as características de um herbicida, a seletividade destaca-se como base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola, sendo considerada uma medida de resposta diferencial de diversas espécies de plantas daninhas a um determinado herbicida (Oliveira Jr. & Constantini, 2001). Entende-se por seletividade a capacidade de um determinado herbicida em eliminar as plantas daninhas de uma cultura, sem reduzir a produtividade e a qualidade do produto de interesse econômico (Negrisoli *et al.* 2004).

A seletividade é indicada pelas empresas de pesquisas a partir de ensaios, os quais procuram testar os novos herbicidas comparativamente com aqueles cujos efeitos são sabidamente conhecidos (Azania *et al.* 2006). Os estudos que avaliem a tolerância dos híbridos de sorgo biomassa a diferentes ingredientes ativos são de grande importância para ampliar o espectro de controle da comunidade infestante, além da possibilidade de rotacionar mecanismos de ação, para com isto, reduzir o aparecimento de biótipos resistentes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em duas etapas de semeadura em campo, no ano agrícola de 2018/2019, divididos em safra inverno, data de semeadura 01/03/2018 e colheita em 110 dias após o plantio. E safra verão, data da semeadura 22/11/2018 e colheita em 110 dias após o plantio, em ambos os experimentos foi realizado o sistema de plante aplice, a semeadura e após o manejo com herbicidas pré-emergentes. Os ensaios foram conduzidos na estação experimental do Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano (GAPES), localizado em Rio Verde, GO (17°52'06.3''S 50°55'38.0''W). As características físicas e químicas da área experimental na qual os ensaios foram conduzidos, estão descritas na Tabela 1. Os dados pluviométricos ocorridos durante todo o ciclo da cultura, nas respectivas safras, estão descritos no quadro 1.

Tabela 1. Análise físico-química solo coletado na profundidade de 0-20 cm na área experimental do GAPES. Rio Verde - GO, 2019.

Ph		cmolc dm ⁻³						mg dm ⁻³			
CaCl ₂		Ca + Mg	Ca	Mg	Al	H + Al	K	K	P(mel)		
4,5		1,11	0,93	0,18	0,4	3,6	0,17	66	32,5		
mg dm ⁻³		Micronutrientes mg dm ⁻³					Textura (g dm ⁻³)				
S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Argila	Silte	Areia		
4,3	0,06	1,9	69	40,5	2,0	2,1	180	75	745		
g dm ⁻³		cmolc dm ⁻³	%						Relação entre Bases		
M.O.	C.O.	CTC	V	Sat. Al	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC	H+Al/CTC	Ca/Mg	Ca/K	<u>Mg/K</u>
21,3	12,4	4,9	26,1	23,8	19,0	3,7	3,5	73,5	5,2	5,5	1,1

Quadro 1. Dados pluviométricos, janeiro de 2018 a março de 2019 da estação de pesquisa do grupo associados do sudoeste goiano. Rio Verde - GO, 2019.

MESES	ANO 2018												ANO 2019		
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR
ACUMULADO EM MILIMETROS	129	201	226	33	13	0	0	16	56	159,9	282,6	183,5	195	292,2	176

O delineamento experimental utilizado nos dois experimentos foi blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial: 3x6 (híbridos x herbicidas). Foram utilizadas sementes de 3 híbridos (1009, 2562 e 5D61) da empresa produtora de sementes NEXSTEPPE, comercializados na região do sudoeste goiano, da safra 2017/2018. Cada parcela foi constituída de 4 linhas de 3 metros, com espaçamento de 0,5m, e população final de 110 mil plantas por hectare, ou seja, 5,5 plantas por metro. Os tratamentos químicos utilizados para as avaliações estão descritos na tabela 2.

Tabela 2. Tratamentos químicos em pré-emergência aplicados na cultura do sorgo biomassa. Rio Verde - GO, 2019.

Tratamento	Ingrediente Ativo	Concentração da formulação
1	Controle sem Capina	-
2	Clomazona	800 g L ⁻¹
3	S-Metolacoloro	960 g L ⁻¹
4	Sulfentrazona	500g L ⁻¹
5	Atrazina	400 g L ⁻¹
6	Carfentrazona – etílico + Clomazona	15 g L ⁻¹ + 600g L ⁻¹

Para as aplicações dos herbicidas no sistema plante aplique, utilizou-se o pulverizador costal de CO₂, equipado com barra de 3 m contendo 6 pontas XR110.015 do tipo leque, espaçados de 0,5m, 2,5 kgf cm⁻² de pressão e volume de calda de 150 L.ha⁻¹ (Tabela 3). Foi utilizado garrafas de polietileno como recipientes para dosagem da calda de aplicação. A dose comercial utilizada foi recomendada pelo fabricante para culturas gramíneas, fracionada para um volume de 2,0 litros de calda. As condições ambientais de aplicação para cada safra estão descritas tabela 4.

Tabela 3. Características da pulverização. Rio Verde - GO, 2019.

Pulverizador			Pulverização			
Acionamento (pressurização)	Barra	Ponta	Espaçamento entre bicos	Faixa de deposição	Pressão de serviço	Volume de aplicação
CO ₂	6 bicos	XR110.015	0,5 m	3,0 m	2,5 kgf cm ⁻²	150 L ha ⁻¹

Tabela 4. Condições ambientais durante a aplicação dos tratamentos químicos na safrinha 18 e safra verão 18. Rio Verde – GO, 2019.

Temperatura	Umidade Relativa	Vento	Horário	Sistema de aplicação	Safra
25 – 30 °C	50 – 65%	1,0 – 3,0 m s ⁻¹	08:30	plante – aplique	safrinha 18
25 – 30 °C	65 – 80%	2,5 – 5,5 m s ⁻¹	09:30	plante – aplique	safra verão 18

Avaliou-se altura de plantas usando régua graduada em centímetros, em 10 plantas por parcela, nas duas linhas centrais. Realizou-se também avaliações de fitotoxidez aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação (DAA) utilizando uma escala de nota variando de 1 a 9, proposta por E.W.R.C. (1964), modificada por Frans (1972). A nota 1 representa a ausência de danos e 9 a morte das plantas.

O levantamento fitossociológico da comunidade infestante foi utilizado como unidade amostral, um quadrado 0,25 m² (0,5 x 0,5 m), lançado uma vez, aleatoriamente,

dentro da área útil de cada parcela experimental (método do quadrado inventário). Após cada lançamento todas as plantas daninhas contidas no interior do quadrado foram recolhidas, para o avaliar a massa fresca e seca das plantas daninhas.

Para cada amostra, foram utilizados 0,2 kg dos híbridos frescos para secagem em estufa de ventilação de ar forçada (65°C) por até 72 horas. As amostras (quatro para cada) avaliadas foram pesadas antes e depois da secagem (Peso da biomassa fresca e seca), em balança de precisão, sendo descontado o recipiente de armazenagem.

Os dados foram transformados e submetidos à análise de variância pelo teste de F e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, a 5% de probabilidade, sendo os dados de porcentagem transformados em arco seno $\sqrt{x}/100$ e os dados de pesagem em $\sqrt{x} + 1$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância das variáveis avaliadas no ensaio conduzido na safra verão estão apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7. Verificou-se que os herbicidas testados em todas as épocas avaliadas apresentaram significância para fitotoxidez, altura de plantas, massa fresca e seca de plantas de sorgo e plantas daninhas. Esse comportamento sugere que aplicações de diferentes ingredientes ativos comportam-se de forma diferente, ou seja, o uso desses produtos pode afetar a características agronômicas das plantas, tais como fitotoxidez, altura de plantas ou quantidade de matéria acumulada em plantas de sorgo.

Observa-se que houve interação entre o híbrido x herbicidas, em intoxicação de plantas aos 28 e 35 dias após a aplicação, para as variáveis altura de plantas, em todas épocas avaliadas, em massa fresca e seca de plantas de sorgo. Os resultados indicam que

híbridos se comportaram de forma não coincidente, na ausência e presença de manejo químico de herbicidas.

Tabela 5. Análise de variância para os sintomas de fitotoxicidade observados nas plantas de sorgo biomassa em safra verão. Rio Verde, Goiás, 2019.

FV	QM				
	Dias após a aplicação do herbicida				
	7	14	21	28	35
Híbridos	1,3 ^{ns}	18,87*	22,49*	41,56*	92,84 ^{ns}
Herbicidas	385,66**	387,84**	382,52**	361,82**	376,88**
Interação	0,62*	3,46 ^{ns}	3,90 ^{ns}	7,31*	33,41**
CV (%)	10,62	22,79	20,58	17,17	23,41

^{ns}Não significativo; * e **Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 6. Análise de variância para altura de plantas de sorgo biomassa em safra verão. Rio Verde, Goiás, 2019.

FV	QM				
	Altura de plantas dias após a aplicação do herbicida				
	7	14	21	28	35
Híbridos	0,61 ^{ns}	11,91 ^{ns}	29,22 ^{ns}	56,16 ^{ns}	68,35 ^{ns}
Herbicidas	4,50**	43,39**	92,08**	150,3**	205,1**
Interação	0,52 ^{ns}	5,64**	10,19**	19,7**	27,3**
CV (%)	15,8	10,72	6,09	4,95	4,4

FV	QM				
	Altura de plantas dias após a aplicação do herbicida				
	42	49	56	63	70
Híbridos	80,31 ^{ns}	103,5 ^{ns}	141,7 ^{ns}	139,5 ^{ns}	143,9 ^{ns}
Herbicidas	248,9**	287,7**	420,5**	493,3**	552,8**
Interação	33,09**	37,96**	54,3**	70,69**	85,97**
CV (%)	3,59	4,54	4,15	3,16	2,53

^{ns}Não significativo; * e **Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 7. Análise de variância Matéria fresca (MF) e seca (MS) dos híbridos e Peso fresco (PF) e Peso Seco (PS) das daninhas em safra verão. Rio Verde, Goiás, 2019.

FV	QM			
	Híbridos		Plantas daninhas	
	MF.t.ha	MS.t.ha	Peso fresco	Peso seco
Híbridos	31,42 ^{ns}	23,39 ^{ns}	150,2*	27,13*
Herbicidas	147,8**	58,61**	205,4**	40,32**
Interação	18,16**	6,74**	24,8 ^{ns}	5,82 ^{ns}
CV (%)	12,33	19,32	91,26	80,28

^{ns}Não significativo; * e **Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Na Tabela 8, observa-se que aos 35 DAA o herbicida Clomazona aplicado em pré-emergência, apresentou a maior fitotoxidez nas plantas (17,4%), seguido dos outros herbicidas sulfentrazone e carfentrazone-etilica + clomazona que não diferiram entre si também apresentaram sintomas moderados, 12,6 e 13,0%, respectivamente.

O clomazona é inibidor da síntese de carotenoides. As plantas sensíveis ficam com tecidos totalmente brancos (albinos). Ele transloca-se na planta via xilema; sua atividade de solo pode ser longa, afetando culturas sucessoras (Silva *et al.* 2007). Quando aplicado sobre a superfície do solo, pode lixiviar e atingir camadas mais profundas, chegando às raízes das culturas, causando danos naquelas sensíveis. A dose recomendada varia com a cultura e o tipo de solo. É recomendado no controle de plantas daninhas em pré-emergência nas culturas de algodão, arroz de sequeiro e irrigado, cana-de-açúcar, fumo, mandioca, pimentão e soja. Uma única aplicação é suficiente para controlar as plantas infestantes (Mapa, 2015).

Averiguou-se que s-metolaclo apresentou sintomas de intoxicação inicialmente aos 7DAA, porém com o desenvolvimento vegetativo das plantas, esses sintomas foram reduzindo até 35 DAA, sendo uma alternativa de recomendação, sem ocasionar danos severos ao desenvolvimento das plantas. O herbicida atrazina não apresentou fitotoxidez em nenhuma época avaliada. Custodio *et al.* (2016) e Galon *et al.* (2016), ao avaliarem a susceptibilidade de cultivares de sorgo biomassa e sacarino a diferentes moléculas herbicidas, observaram que mistura de atrazina + s-metolaclo ocasionou severa redução no estande de plantas e perdas significativas de rendimento, demonstrando não ser indicado o uso deste herbicida para o sorgo.

Tabela 8. Fitotoxidez em plantas de sorgo biomassa, após manejo de herbicidas aplicados em pré-emergência em safra verão. Rio Verde, Goiás, 2019.

Herbicidas	Dias após a aplicação do herbicida				
	7	14	21	28	35
Controle	0,0 (0)d	0,0 (0)c	0,0 (0)c	0,0 (0)c	0,0 (0)c
Clomazona	16,6 (8)a	17,4 (9)a	17,4 (9)a	17,4 (9)a	17,4 (9)a
Smetalaclo	14,3 (6,1)c	9,9 (3,6)b	9,2 (3,2)b	7,3 (2)b	0,0 (0)c
Sulfentrazone	15,3 (7)b	16,3 (8)a	16,1 (7,8)a	15,2 (7,2)a	12,6 (6,2)b
Atrazina	0,0 (0)d	0,0 (0)c	0,0 (0)c	0,0 (0)c	0,0 (0)c
Carfe. + Clo.	16,7 (8,3)a	16,3 (8)a	16,1 (7,8)a	15,2 (7,1)a	13,0 (6,3)b

Híbridos	Dias após a aplicação do herbicida				
	7	14	21	28	35
1009	10,6 (4,9)a	10,6 (5,1)a	10,5 (5)a	10,2 (4,8)a	8,9 (4,5)a
2562	10,9 (5,1)a	11,0 (5,3)a	10,9 (5,2)a	10,5 (5)a	8,9 (4,5)a
5D61	10,2 (4,7)a	8,7 (3,9)a	8,3 (3,7)a	7,1 (2,9)a	4,0 (1,7)b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Carfe. + Clo.: Carfentrazone-etílico + clomazona.

Os dados de porcentagem (%) foram transformados em arco seno $\sqrt{x/100}$ e seus valores estão fora dos parênteses ().

Valores dentro dos parênteses são valores originais ().

Quanto à fitotoxidez causado nos híbridos, observa-se que não houve diferenças significativas entre os genótipos. Porém, o híbrido 5D61 apresentou numericamente menor sintomas de intoxicação nas folhas aos 35 DAA, ou seja, maior seletividade aos herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura.

Na Tabela 9, verificou-se que os herbicidas S-metalaclo e atrazina apresentaram alturas de plantas semelhantes ao tratamento controle após 70 dias da aplicação, sugerindo que estes herbicidas podem ser recomendados para o manejo de plantas daninhas de sorgo biomassa, sem ocasionar problemas no desenvolvimento e consequentemente a quantidade de matéria seca para produção de bioenergia dessa cultura. O híbrido 5D61 apresentou maior altura de plantas entre os híbridos avaliados.

Tabela 9. Altura de plantas de sorgo biomassa, após manejo de herbicidas aplicados em pré-emergência em safra verão. Rio Verde, Goiás, 2019.

Herbicidas	Dias após a aplicação do herbicida				
	7	14	21	28	35
	Altura de Plantas (cm)				
Controle	4,5 (17)a	6,5 (37)a	9,5 (82,8)a	11,9 (132)a	14,0 (184)a
Clomazona	2,4 (4)b	0,5 (0)b	0,5 (0)d	0,5 (0)c	0,5 (0)c
S-metalaclo	4,4 (16)a	6,4 (35,6)a	8,3 (61,6)b	11,3 (119)a	13,2 (163)a

Sulfentrazone	3,3 (9)b	2,4 (11)b	3,1 (20,5)c	4,0 (38)b	4,6 (50,5)b
Atrazina	4,3 (14,6)a	6,3 (34,6)a	9,4 (80)a	11,7 (127)a	13,3 (165)a
Carfe. + Clo.	3,0 (6,6)b	2,2 (8,6)c	3,0 (19,3)c	4,1 (39)b	4,6 (51,8)b
Dias após a aplicação do herbicida					
Híbridos	7	14	21	28	35
Altura de Plantas (cm)					
1009	3,4 (9,5)a	3,4 (17)b	4,7 (35,5)b	5,9 (60)b	6,9 (84,1)b
2562	3,8 (12,4)a	3,6 (19,5)b	4,8 (37,8)b	6,1 (63,1)b	7,0 (86,4)b
5D61	3,7 (11,7)a	5,2 (27,1)a	7,4 (58,7)a	9,7 (104)a	11,1 (136,7)a
Dias após a aplicação do herbicida					
Herbicidas	42	49	56	63	70
Altura de Plantas (cm)					
Controle	15,3 (221)a	16,5 (258)a	19,8 (273)a	20,9 (416)a	21,8 (458)a
Clomazone	0,5 (0)c	0,5 (0)c	0,5 (0)c	0,5 (0)c	0,5 (0)c
Smetalacolor	14,5 (198)b	15,6 (228)a	18,5 (326)a	20,7 (409)a	22,0 (465)a
Sulfentrazone	5,0 (62)c	5,3 (71,3)b	6,3 (103)b	6,9 (126)b	7,5 (149)b
Atrazine	14,6 (201)b	15,8 (235)a	19,1 (349)a	20,6 (408)a	22,0 (466)a
Carfe. + Clo.	5,0 (61)c	5,5 (75)b	6,3 (103)b	6,8 (119)b	7,2 (135)b
Dias após a aplicação do herbicida					
Híbridos	42	49	56	63	70
Altura de Plantas (cm)					
1009	7,6 (101,6)b	8,1 (118)b	9,7 (170)b	10,6 (205,8)b	11,4 (241)b
2562	7,7 (106)b	8,2 (119)b	9,9 (177)b	10,9 (18,6)b	11,6 (247)b
5D61	12,1 (164)a	13,2 (197)a	15,7 (280)a	16,7 (315)a	17,5 (349)a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Carfe. + Clo.: Carfentrazone-etílico +clomazona.

Os dados de porcentagem (%) foram transformados em arco seno $\sqrt{x/100}$ e seus valores estão fora dos parênteses ().

Valores dentro dos parênteses são valores originais ().

Quanto a produção de matéria seca (Tabela 10), observa-se que novamente herbicidas s-metalacolor e atrazina apresentaram produção de massa semelhantes ao controle. Assim, para o manejo de plantas daninhas em pré-emergência, esses herbicidas apresentaram menor fitotoxidez, não afetaram o desenvolvimento da cultura e produção de matéria seca, sendo excelente alternativa para rotação de princípios ativos no manejo dessa cultura. Porém, notou-se que o herbicida clomazona, apresentou danos severos a cultura, tanto em fitotoxidez refletindo em redução da altura de plantas e na produção de matéria seca, sendo inviável a utilização deste ativo para essa cultura.

Tabela 10. Matéria fresca (MF) e seca (MS) em toneladas por hectare (t/ha) dos híbridos de sorgo biomassa e peso fresco (PF) e seco (PS) das daninhas na safra após manejo de herbicidas aplicados em pré-emergência em safra verão. Rio Verde, Goiás, 2019.

Herbicidas	Híbridos		Plantas daninhas	
	MF	MS	Peso fresco	Peso seco
	Toneladas/hectare		Gramas	
Controle	12,1 (136,4)a	7,8 (55,7)a	16,5 (301,6)a	7,6 (59,1)a
Clomazona	0,5 (0)c	0,5 (0)c	12,7 (201,6)a	5,9 (40)a
Smetalacloro	11,0 (112,9)a	6,9 (43,3)a	0,5 (0)a	0,5 (0)a
Sulfentrazone	3,5 (28,5)b	2,5 (12,7)b	8,4 (130,8)a	4,3 (30)a
Atrazina	10,9 (110,5)a	7,4 (49,3)a	4,7 (66,6)a	2,3 (10,8)a
Carfe. + Clo.	3,6 (30)b	2,6 (14,5)b	5,0 (53,3)a	2,6 (10)a

Herbicidas	Híbridos		Plantas daninhas	
	MF	MS	Peso fresco	Peso seco
	Toneladas/hectare		Gramas	
1009	6,2 (65,6)b	3,8 (23,6)b	8,8 (126,2)a	4,3 (25)a
2562	5,8 (58,3)b	3,8 (22,8)b	11,0 (187,5)a	5,1 (36,2)a
5D61	8,8 (84,9)a	6,2 (41,3)a	4,1 (63,3)a	2,2 (13,7)a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Carfe. + Clo.: Carfentrazone-etílico +clomazona.

Os dados de pesagem foram transformados em $\sqrt{x} + 1$ e seus valores estão fora dos parênteses ().

Valores dentro dos parênteses são valores originais ().

A redução da massa de matéria seca afeta diretamente o rendimento econômico da cultura, pois a produção de matéria seca é o principal componente de produção deste sorgo biomassa.

O híbrido 5D61 apresentou a maior produção de matéria seca, sendo uma alternativa de interesse para produção de biomassa, tanto para produção de bioenergia, como outros fins agronômicos.

Ao analisar as Tabelas 11, 12 e 13 é possível observar que houve significância entre a interação híbridos e herbicidas, para as variáveis intoxicação de plantas, altura de plantas, e matéria fresca dos híbridos. Isso pode indicar que devido a questão climática, conforme o quadro 1, a semeadura em um período de poucas chuvas, podem influenciar na ação dos herbicidas sobre os 3 híbridos avaliados.

Tabela 11. Análise de variância para os sintomas de fitotoxidez observados nas plantas de sorgo biomassa em safrinha. Rio Verde, Goiás, 2019.

FV	QM				
	Dias após a aplicação do herbicida				
	7	14	21	28	35
Híbridos	81,92 ^{ns}	243,77*	26354*	249,28*	207,32 ^{ns}
Herbicidas	120,01*	113,73 ^{ns}	102,62 ^{ns}	188,68*	269,37 ^{ns}
Interação	31,28 ^{ns}	48,55**	50,75**	40,98**	94,22**
CV (%)	52,02	30,52	15,87	28,19	31,31

^{ns}Não significativo; * e **Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 12. Análise de variância para altura de plantas de sorgo biomassa em safrinha. Rio Verde, Goiás, 2019.

FV	QM				
	Altura de plantas dias após a aplicação do herbicida				
	7	14	21	28	35
Híbridos	1,33 ^{ns}	26,77*	50,33*	57,43*	122,6*
Herbicidas	1,19 ^{ns}	25,13*	46,43*	61,42*	130,9*
Interação	1,26*	6,28**	11,02**	12,91**	29,87**
CV (%)	18,48	20,22	18,78	13,49	11,65

FV	QM				
	Altura de plantas dias após a aplicação do herbicida				
	42	49	56	63	70
Híbridos	149,36 ^{ns}	184,63 ^{ns}	210,77*	238,17*	258,49*
Herbicidas	170,83*	205,49*	247,06 ^{ns}	291,67 ^{ns}	323,92 ^{ns}
Interação	44,05**	53,27**	63,02**	74,36**	81,95**
CV (%)	10,76	11,56	7,87	5,81	4,80

^{ns}Não significativo; * e **Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Tabela 13. Análise de variância Matéria fresca (MF) e seca (MS) dos híbridos e Peso fresco (PF) e seco (PS) das daninhas em safrinha. Rio Verde, Goiás, 2019.

FV	QM			
	Híbridos		Plantas daninhas	
	MF.t.ha	MS.t.ha	Peso fresco	Peso seco
Híbridos	58,28 ^{ns}	25,57 ^{ns}	21,9 ^{ns}	8,58 ^{ns}
Herbicidas	128,22*	53,13*	34,65 ^{ns}	7,84 ^{ns}
Interação	32,27**	13,33**	43,23 ^{ns}	9,92 ^{ns}
CV (%)	14,03	17,31	74,87	70,42

^{ns}Não significativo; * e **Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Na Tabela 14, nota-se que aos 35 DAA, o herbicida que apresentou maior fitotoxidez nas plantas foi o sulfentrazone, seguido do herbicida s-metalaclo, com intoxicação moderada. O sulfentrazone é um herbicida inibidor da enzima PROTOX.

Quando aplicado em pré-emergência, pode danificar o tecido da planta sensível que ocorre pelo contato com o herbicida no momento em que a plântula emerge, sendo a luz necessária para a ação herbicida. Esse herbicida tem a absorção pelas plantas por meio do sistema radicular, apresentando movimentação limitada no floema. Por ter a sua sorção pelos colóides do solo muito influenciada pelos atributos deste (Passos et al. 2013; Freitas *et al.* 2014), as doses aplicadas devem ser diferenciadas para cada tipo de solo. Apresenta longa persistência no solo (Polubesova et al. 2003; Vivian *et al.* 2006), razão pela qual é muito comum, em condições de campo, ocorrer o *carryover*.

Esses resultados divergiram quando foram aplicados na época da safra, sendo o clomazona o herbicida com maior fitotoxidez. Essa diferença nos resultados pode estar relacionada com as características físico-químicas dos herbicidas, tais como o coeficiente de sorção, moléculas que se absorvem em matéria orgânica, e a solubilidade desses herbicidas em água, em épocas com volumes hídricos distintos.

Tabela 14. Fitotoxidez em plantas de sorgo biomassa, após manejo de herbicidas aplicados em pré-emergência na safrinha. Rio Verde, Goiás, 2019.

Herbicidas	Dias após a aplicação do herbicida				
	7	14	21	28	35
Controle	2,4 (1)a	4,7 (2)b	4,5 (1,8)c	3,3 (1)b	1,4 (0,3)d
Clomazone	11,0 (4,5)a	10,6 (5)a	10,7 (5,1)b	10,5 (5)a	11,6 (6)b
S-metalaclor	12,5 (5)a	14,4 (6,3)a	12,2 (4,5)b	13,8 (5,8)a	7,2 (3,3)c
Sulfentrazone	14,1 (6,1)a	15,6 (7,3)a	16,4 (8)a	17,1 (8,6)a	17,5 (9,0)a
Atrazina	5,4 (1,8)a	6,0 (1,8)b	7,1 (2)c	3,3 (1)b	0,0 (0,0)d
Carfe. + Clo.	9,4 (4,3)a	10,5 (4,6)a	11,3 (5,5)b	11,3 (5,8)a	11,6 (5,4)b

Híbridos	Dias após a aplicação do herbicida				
	7	14	21	28	35
1009	11,0 (4,5)a	14,5 (6,6)a	14,2 (6,3)a	13,4 (6,1)a	9,4 (4,6)a
2562	10,3 (4,3)a	10,8 (4,7)a	11,8 (5,2)a	11,5 (5,4)a	11,6 (6)a
5D61	6,2 (2,7)a	5,6 (2,3)b	5,2 (2,2)b	4,7 (2,5)b	3,6 (1,7)b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Carfe. + Clo.: Carfentrazone-etílico + clomazona.

Os dados de porcentagem (%) foram transformados em arco seno $\sqrt{x/100}$ e seus valores estão fora dos parênteses ().

Valores dentro dos parênteses são valores originais ().

Ao analisar a variável altura de plantas (Tabela 15), observa-se que aos 70 DAA o tratamento com atrazina foi semelhante ao controle. O herbicida sulfentrazone foi o que afetou negativamente o desenvolvimento das plantas, devido aos danos com fitotoxidez. Por isso, sugere-se que em plantios de safrinha de sorgo biomassa não se deve recomendar uso de sulfentrazone em pré-emergência da cultura, conforme seu efeito fitotóxico.

Como observado anteriormente, o híbrido 5D61, apresentou menor sintomas de fitotoxidez e na altura de plantas, após aplicação de herbicidas em plante-aplique, sendo uma alternativa para plantio, tanto em safra como safrinha.

Tabela 15. Altura de plantas de sorgo biomassa, após manejo de herbicidas aplicados em pré-emergência na safrinha. Rio Verde, Goiás, 2019.

Herbicidas	Dias após a aplicação do herbicida				
	7	14	21	28	35
Altura de Plantas (cm)					
Controle	4,1 (13,3)a	5,6 (26,5)a	7,3 (46,1)a	8,0 (57,1)a	12,3 (140,1)a
Clomazona	3,7 (10,6)a	2,3 (10)b	2,9 (18,1)b	3,0 (19,3)c	4,4 (45,5)c
Smetalacloro	3,0 (7)a	3,2 (11,6)b	4,6 (25,6)b	5,1 (31,8)b	7,8 (80)b
Sulfentrazone	3,6 (10,6)a	0,5 (0)c	0,5 (0)c	0,5 (0)d	0,5 (0)d
Atrazina	4,3 (14,2)a	5,8 (28,5)a	7,8 (54,1)a	9,0 (72,1)a	12,1 (134,1)a
Carfe. + Clo.	3,5 (10,6)a	2,6 (13,6)b	3,2 (22,1)b	3,4 (24,8)c	4,5 (50,3)c
Híbridos	Dias após a aplicação do herbicida				
	7	14	21	28	35
Altura de Plantas (cm)					
1009	3,7 (11,1)a	2,9 (11,8)b	3,7 (21,1)b	4,1 (25,4)b	6,1 (62,4)b
2562	3,3 (8,9)a	2,1 (8,1)b	2,7 (14,9)b	3,1 (20,8)b	4,3 (42,6)c
5D61	4,0 (13,1)a	5,0 (25,2)a	6,7 (47,1)a	7,3 (56,4)a	10,5 (120,5)a
Herbicidas	Dias após a aplicação do herbicida				
	42	49	56	63	70
Altura de Plantas (cm)					
Controle	13,9 (179)a	14,8 (205)a	16,2 (246,3)a	17,9 (302,3)a	18,6 (329,1)a
Clomazona	5,2 (67,1)c	5,7 (81,8)c	6,0 (91,5)c	6,4 (105,6)c	6,6 (112,6)c
Smetalacloro	9,2 (113,6)b	10,4 (147,1)b	11,2 (171)b	11,8 (193,1)b	12,3 (209,5)b
Sulfentrazone	0,5 (0)d	0,5 (0)d	0,5 (0)d	0,5 (0)d	0,5 (0)d
Atrazina	13,8 (177)a	15,3 (220)a	16,7 (263,6)a	17,8 (301)a	19,0 (340,8)a
Carfe. + Clo.	5,0 (62,6)c	5,3 (71,6)c	5,9 (87)c	6,4 (103,5)c	6,8 (117,1)c
Híbridos	Dias após a aplicação do herbicida				
	42	49	56	63	70
Altura de Plantas (cm)					
1009	7,0 (84,0)b	7,8 (105,6)b	8,4 (126,0)b	9,1 (147,7)b	9,6 (166,9)b

2562	5,0 (60,3)c	5,3 (69,6)c	5,8 (84,2)c	6,3 (101,2)c	6,6 (110,5)c
5D61	11,8 (155)a	13,0 (188)a	14,0 (219,5)a	15,0 (253,8)a	15,7 (277)a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Carfe. + Clo.: Carfentrazona-etílico +clomazona.

Os dados de porcentagem (%) foram transformados em arco seno $\sqrt{x/100}$ e seus valores estão fora dos parênteses ().

Valores dentro dos parênteses são valores originais ().

Quanto à quantidade de matéria seca (Tabela 16), observa-se que os híbridos que receberam atrazina não foram afetados quanto ao acúmulo de biomassa, sendo semelhante ao controle. Porém, cabe ressaltar que todos outros herbicidas diminuíram a quantidade de biomassa no desenvolvimento da cultura. Com isso, é possível avaliar que os herbicidas aplicados em forma de plante-aplique na safra afetaram mais as plantas de sorgo biomassa do que na safra verão. Assim, observou-se que os ativos avaliados comportaram de forma distinta em épocas diferentes. A questão climática, como disponibilidade hídrica e temperatura, influenciam nas características físico-químicas dos herbicidas.

Novamente o híbrido 5D61 apresentou a maior produção de matéria seca, sendo uma alternativa de interesse para produção de biomassa em safra verão e safrinha para produção de bioenergia.

Tabela 16. Médias matéria fresca (MF) e seca (MS) em toneladas por hectare (t/ha) dos híbridos de sorgo biomassa e peso fresco (PF) e seco (PS) das daninhas, safra após manejo de herbicidas aplicados em pré-emergência em safrinha. Rio Verde, Goiás, 2019.

Herbicidas	Híbridos		Plantas daninhas	
	MF	MS	Peso fresco	Peso seco
	Toneladas/hectare		Gramas	
Controle	12,5(145,3)a	8,2(60,7)a	7,9(91,5)a	4,0(20,6)a
Clomazona	3,7(31,3)c	2,6(13,4)c	2,6(12,8)a	1,8(5,5)a
Smetalacloro	8,0(85,4)b	5,4(36,7)b	8,2(89,6)a	4,6(22,5)a
Sulfentrazona	0,5(0,0)d	0,5(0)d	8,8(91,8)a	4,6(21,6)a
Atrazina	10,6(106,7)a	7,0(43,8)a	7,1(73,8)a	4,4(26,6)a
Carfe. + Clo.	3,7(30,0)c	2,5(12,4)c	4,8(38,5)a	2,8(11,3)a

Híbridos	Híbridos		Plantas daninhas	
	MF	MS	Peso fresco	Peso seco
	Toneladas/hectare		Gramas	
1009	6,7(77,3)b	4,5(32,0)a	7,4(74,8)a	4,2(19,9)a

2562	4,2(41,7)c	2,9(17,2)b	5,0(44,9)a	2,8(10,7)a
5D61	8,6(80,2)a	5,8(34,3)a	7,3(79,2)a	4,3(23,5)a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Carfe. + Clo.: Carfentrazone-etílico +clomazona.

Os dados de pesagem foram transformados em $\sqrt{x} + 1$ e seus valores estão fora dos parênteses ().

Valores dentro dos parênteses são valores originais ().

5. CONCLUSÃO

Devido à ausência de herbicidas recomendados para a cultura do sorgo, neste estudo os herbicidas testados em plante-aplique em sorgo biomassa apresentaram comportamentos distintos na safra verão e na safrinha. Na safra verão, o herbicida clomazona apresentou maior fitotoxidez, interferiu em alturas de plantas e no acúmulo de biomassa. Em comparação que na Safrinha, por causa do regime pluviométrico menor, quando comparado com a safra verão, o herbicida sulfentrazone foi o que apresentou maior fitotoxidez, interferindo em alturas de plantas e no acúmulo de biomassa.

6. BIBLIOGRAFIA

Agrofit. (2019).Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília: Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>>. Acesso em: 04 de set de 2019.

Azania, C. A. M. et al. (2006) Seletividade de herbicidas. III- Aplicação em pós-emergência inicial e tardia da cana-de-açúcar na época da estiagem. Planta Daninha, Viçosa , MG, v. 24, n. 3, p. 489-495.

Borém, Aluizio et al. (2013)Sorgo: do plantio a colheita. Minas Gerais: Ed.UFV, 2014.Pereira Filho, I. A.; Parrella, R. A. C; Moreira, J. A. A.; May, A.; Souza, V. F.; Cruz, J. C. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* L. MOENCH] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 12, p. 118 -127.

Cabral, P.H.R.; Jakelaitis, A.; Cardoso, I.S.; Araújo, V.T.; Pedrini, E.C.F.(2013) Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em safrinha. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.43, p.308- 314.

Cherubini, F.; Stromman, A. H. (2011) Chemicals from lignocellulosic biomass: opportunities,perspectives, and potential of biorefinery systems. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, v.5, p. 548-561.

Conab: Companhia Nacional de Abastecimento(2014). Sorgo: Período março 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_04_11_17_31_44_sorgomarco2014.pdf>; Acesso em 20 de setembro de 2014.

Conab, Análise mensal da produção de Sorgo, Março, 2018. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-eextrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-esorgo/item/download/15915_64ce18c312a235797ecb2981a3f8daf7

Custódio, I. G. ; Schio, L.A. ; Wagner, P.K. ; ModanesE, B. P. ; Karam, D. ; Silva, A. F. (2016). Caracterização de tolerância de genótipos de sorgo biomassa a herbicidas pós-emergentes. In: XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2016, Bento Gonçalves - RS. CNMS 2016.

Embrapa Milho e Sorgo (2014) Sorgo biomassa é ótima opção para geração de energia. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-noticia/2246665/sorgo-biomassae-otima-opcao-para-geracao-de-energia>. Acessado em: 10 de abril de 2016.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2015) Balanço energético nacional: Ano base 2014.

Freitas, M. A. M.; Passos, A. B. R. J.; Torres, L. G.; Moraes, H. M. F.; Faustino, L. A.; Rocha, P. R. R.; Silva, A. A. (2014) Sorção do sulfentrazone em diferentes tipos de solo determinada por bioensaios. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 32, n. 2, p. 385-392.

Galon, L. Fernandes, F.F. Andres, A. Silva, A.F. Forte, C.T.(2016) Selectivity and efficiency of herbicides in weed control on sweet sorghum. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 46, n. 2, p. 123-131.

Goldemberg, J. (2017) Atualidade e perspectivas no uso de biomassa para geração de energia. *Revista virtual de química*, 2017, 9(1), 15-28. Disponível em: rvq.sbgq.org.br. Acessado em: 21 de novembro de 2016.

Luo, L.; Van der Voet, E.; Huppes, G. (2009) Life cycle assessment and life cycle costing of bioethanol from sugarcane in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.13, p. 1613-1619, 2009.

Magalhães, P. C.; Duraes, F. O. M.; Rodrigues, J. A. S. (2003) Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 4p, 2003. (Comunicado técnico, 86).

Mapa. Ministério da agricultura pecuária e abastecimento (2015) Formulação de agrotóxicos para suporte fitossanitário. Disponível em: . Acesso em: 26 de janeiro de 2015.

May, A.; Silva, D. D.; Santos, F. C. (2013) Cultivo do sorgo biomassa para a cogeração de energia elétrica. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 65 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 152).

Nastari, P. M. (2012) Produção sustentável - A importância do setor sucroenergético no Brasil, 2012. *Revista Agroanalysis*. Disponível em: <http://www.agroanalysis.com.br/3/2012/mercadonegocios/producao-sustentavel-a-importancia-do-setor-sucroenergetico-no-brasil>. Acessado em: 18 de agosto de 2015.

Negrisoni, E. et al. (2004) Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematicidas. *Planta Daninha*, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 567- 575.

Oliveira, JR.; R.B.; Constantín, J. (2001) Plantas daninhas e seu manejo. Guaíba: Agropecuária, 362 p.

Quirino, W. F. (2011) Utilização Energética de Resíduos Vegetais. Disponível em: <http://www.mundoflorestal.com.br/arquivos/aproveitamento.pdf>. Acesso em: 10 de maio de 2015.

Passos, A. B. R. J.; Freitas, M. A. M.; Torres, L. G.; Silva, A. A.; Queiroz, M. E. L. R.; Lima, C. F. (2013) Sorption and desorption of sulfentrazone in Brazilian soils. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, v. 48, p. 646-650.

Pitelli, L.A. (1985) Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. *Informe Agropecuário*, v.11, p.16-27, 1985.

Polubesova , T.; Nir , S.; Rabinovitz, O.; Borisover, M.; Rubin B. (2003) Soil. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 51, n. 11, p. 3410-3414.

Silva, A. A. et al.(2007) Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Ed. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa, MG: UFV, Cap. 3, p. 58-117.

Silva, C., A. Ferreira, W. Gonzaga, L. Galon, F.A. Petter, A. May, and D. Karam. (2014). Weed interference in the *sweet sorghum* crop. Bragantia, Campinas 73: 438–445.

Souza, V. F. (2011) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo sacarino. Dissertação de Mestrado (Produção vegetal no semiárido), 63p. Montes Claros, MG. Ribas, P. M. (2014) Origem e importância econômica. In: Borém, A.; Pimentel, L.; Parrela, R. Sorgo: do plantio à colheita. Editora UFV, 2014, 275p.

Telmo, C.; Lousada, J. (2011) Heating values of wood pellets from different species. Biomass and Bioenergy, Amsterdam, v. 35, p. 2634-2639.

Torres, M. (2013) Sorgo biomassa: cultura promissora para geração de energia, Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo. Ano 07, Ed. 43. Disponível em: <<http://grao.cnpms.embrapa.br/noticia.php?ed=MTM=&id=NDY>>. Acessado em: 10 de julho de 2015.

Única (2010) Etanol e Bioeletricidade – A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética.

Vieira, A. C. (2012) Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas. Dissertação de mestrado (Energia na Agricultura), 56p. Cascavel, Paraná.

Zhang, L.; Xu, C. C.; Champagne, P. (2010) Overview of recent advances in thermo-chemical conversion of biomass. Energy Conversion and Management, v.51, p. 969-982.