

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

NATHANYEL EWERTTHON ALVES DOS SANTOS

**Seletividade de herbicidas aplicados em pré emergência na cultura do sorgo**

Rio Largo - AL  
2023

NATHANYEL EWERTTHON ALVES DOS SANTOS

**Seletividade de herbicidas aplicados em pré emergência na cultura do sorgo**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, CECA, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Xavier Lins Cunha

Co-orientador: Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza

Rio Largo - AL  
2023

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias**  
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

S237s Santos, Nathanyel Ewertthon Alves dos.

Seletividade de herbicidas aplicados em pré emergência na cultura do sorgo. / Nathanyel Ewertthon Alves dos Santos. – 2023.

40f.: il.

Orientador: Jorge Luiz Xavier Lins Cunha.

Coorientador: Renan Cantalice de Souza

Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Programa de Pós - Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2023.

Inclui bibliografia

1. Grãos. 2. Controle de Planta daninhas. 3. Híbridos.

I. Título.

CDU: 632.51

A Deus, ao meu pai Natanael Vicente, de quem tenho muita saudade (essa conquista é para o senhor), a minha mãe Edilene Alves a quem amo muito, aos familiares e amigos que me ajudaram de alguma forma na realização deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por mais uma etapa vivida.

À Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) pelo cumprimento do seu papel social na formação de profissionais capazes e atuantes em Alagoas e em outros Estados do Brasil.

Em especial ao professor Dr. Jorge Luiz Xavier Lins Cunha, por conceder-me a oportunidade de fazer parte da sua equipe e pelo exemplo de companheirismo, humildade, respeito e amizade. Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo durante os dois anos de curso.

Agradeço a todos os membros do LATEP que me ajudaram nos vários momentos dessa fase, fazendo com que me sentisse em casa mesmo longe dela.

Agradeço aos meus amigos Leandro, Vicente, Eugênio e João Carlos por todos os momentos de descontração, amizade e inestimável ajuda na execução do meu trabalho de pesquisa.

Agradeço aos amigos do curso Tâmara e Gilberlândia pelo companheirismo e ajuda nas disciplinas que compartilhamos.

## RESUMO

Um dos principais problemas na cultura do sorgo tem sido o manejo das plantas daninhas, pelo número reduzido de produtos que controlem essas espécies quando aplicados em pré-emergência e sejam seletivos para a cultura. Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliar a seletividade de sorgo granífero submetidos ao controle químico utilizando moléculas não indicadas para cultura. O experimento foi realizado em área experimental do Laboratório de Tecnologia e Produção do Campus de Engenharia e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo – AL. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 7, com quatro repetições. Os genótipos de sorgo utilizados foram os 1G-100 e 1G-233, com 7 doses dos herbicidas pré-emergentes, atrazine, tebutiuron e amicarbazona, com os seguintes tratamentos: T1 – controle; T2 – 25% da dose comercial (625, 300 e 350 g.i.a.ha<sup>-1</sup>); T3 – 50% da dose comercial (1250, 600, 700 g.i.a.ha<sup>-1</sup>); T4 - 75% da dose comercial (1875, 900, 1050 g.i.a.ha<sup>-1</sup>); T5 - 100% da dose comercial (2500, 1200, 1400 g.i.a.ha<sup>-1</sup>); T6 - 125% da dose comercial (3125, 1500, 1750 g.i.a.ha<sup>-1</sup>) e T7 - 150% da dose comercial (3750, 1800, 2100 g.i.a.ha<sup>-1</sup>). Foram realizadas avaliações da biomassa verde e seca (folhas, panícula e colmo), dos caracteres relacionadas a biometria das plantas (altura das plantas, diâmetro do colmo, número de folhas) e o peso de mil grãos e massa dos grãos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de média. O herbicida atrazine na dose comercial foi seletiva à cultura do sorgo. Já os herbicidas tebutiuron e amicarbazona não foram seletivos para a cultura do sorgo na dose comercial.

**Palavras-chave:** Grãos, Controle de Planta daninhas, Híbridos

## ABSTRACT

One of the main problems in sorghum cultivation has been weed management, due to the reduced number of products that control these species when applied in pre-emergence and are selective for the crop. Therefore, the objective of this study was to evaluate the selectivity of grain sorghum subjected to chemical control using molecules not recommended for the crop. The experiment was carried out in an experimental area of the Technology and Production Laboratory of the Campus of Engineering and Agricultural Sciences of the Federal University of Alagoas, Rio Largo - AL. The experimental design adopted was randomized blocks, in a factorial scheme 3 x 7, with four replications. The sorghum genotypes used were 1G-100 and 1G-233, with 7 doses of the pre-emergent herbicides atrazine, tebutiuron, and amicarbazone, with the following treatments: T1 - control; T2 - 25% of the commercial dose (625, 300, and 350 g.a.i.ha<sup>-1</sup>); T3 - 50% of the commercial dose (1250, 600, 700 g.a.i.ha<sup>-1</sup>); T4 - 75% of the commercial dose (1875, 900, 1050 g.a.i.ha<sup>-1</sup>); T5 - 100% of the commercial dose (2500, 1200, 1400 g.a.i.ha<sup>-1</sup>); T6 - 125% of the commercial dose (3125, 1500, 1750 g.a.i.ha<sup>-1</sup>); and T7 - 150% of the commercial dose (3750, 1800, 2100 g.a.i.ha<sup>-1</sup>). Evaluations were made of green and dry biomass (leaves, panicle, and stem), plant biometric characters (plant height, stem diameter, number of leaves), and weight of one thousand grains and grain mass. The data obtained were subjected to analysis of variance and mean comparison test. The atrazine herbicide at the commercial dose was selective for sorghum crop. Tebutiuron and amicarbazone herbicides were not selective for sorghum crop at the commercial dose.

**Keywords:** Grains, Weed Control, Hybrids

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas do solo utilizado no experimento.....	20
Tabela 2 – Resumo da análise de variância da biomassa verde e seca dos híbridos de sorgo granífero 1G100 e 1G233, submetidas a sete doses de três herbicidas pré-emergentes. Rio largo, 2023.....	23
Tabela 3 – Médias dos desdobramentos da interação herbicidas x doses dos híbridos de sorgo granífero 1G100 e 1G233 submetidos a sete doses de atrazine, tebutiuron e amicarbazona da variável massa verde e seca das folhas. Rio Largo-AL, 2023 .....	24
Tabela 4 – Médias dos desdobramentos da interação herbicidas x doses dos híbridos de sorgo granífero 1G100 e 1G233 submetidos a sete doses de atrazine, tebutiuron e amicarbazona da variável massa verde e seca das panículas. Rio Largo-AL, 2023.....	25
Tabela 5 – Médias dos desdobramentos da interação herbicidas x doses dos híbridos de sorgo granífero 1G100 e 1G233 submetidos a sete doses de atrazine, tebutiuron e amicarbazona da variável massa verde e seca dos colmos. Rio Largo-AL, 2023 .....	26
Tabela 6 – Médias dos desdobramentos da interação herbicidas x doses dos híbridos de sorgo granífero 1G100 e 1G233 submetidos a sete doses de atrazine, tebutiuron e amicarbazona da variável massa verde e seca total. Rio Largo-AL, 2023 .....	27
Tabela 7 – Resumo da análise de variância das características agronômicas de híbridos de sorgo granífero submetidas às 7 doses de três herbicidas pré-emergentes .....	29
Tabela 8 – Médias dos desdobramentos da interação herbicidas x doses de sorgo granífero 1G-100 submetidos a sete doses de atrazine, tebutiuron e amicarbazona em características agronômicas. Rio Largo-AL, 2023.....	31
Tabela 9 – Médias dos desdobramentos da interação herbicidas x doses do sorgo granífero 1G-100 submetidos a sete doses de atrazine, tebutiuron e amicarbazona em características agronômicas. Rio Largo-AL, 2023.....	32

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	13
2.1 Cultura do Sorgo.....	13
2.2 O Sorgo Granífero .....	13
2.3 Situação do Sorgo Granífero no Brasil.....	14
2.4 Principais métodos de controle de plantas daninhas .....	15
2.4.1 Controle mecânico.....	15
2.4.2 Controle cultural .....	15
2.4.3 Controle químico .....	16
2.5 Seletividade dos herbicidas .....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5 CONCLUSÃO.....	35
6 REFERÊNCIAS .....	36

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo é originária do noroeste da África e parte da Ásia, cultivado em várias regiões do mundo, sendo utilizado principalmente para alimentação animal e em algumas partes do mundo como fonte de alimentação humana. Graças a rotas comerciais, houve grande expansão, que fez com que se espalhassem para diferentes partes do mundo, como Oriente Médio, China, Estados Unidos, América Latina e Austrália (COELHO, 2010).

O sorgo tem potencial para substituir a cultura do milho em cultivos sucessivos e formar biomassa para cobertura do solo, vindo a manter o sistema de plantio direto e ainda produzir grãos e silagem para alimentação animal (SILVA et al., 2015). Assim, sua importância aumentou do ponto de vista econômico, quando há escassez de milho no mercado, aumentando a demanda por sorgo para preparo de alimentos (ALBUQUERQUE et al., 2014). Considerando a importância da cultura no contexto alimentar e de minimizar as perdas de produtividades, a planta é considerada tolerante à baixa umidade do solo, o que fez com que o produtor faça a opção de cultivar o sorgo (CONAB, 2022).

De acordo com o último levantamento do UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA, 2023), a produção mundial da atual safra de sorgo é de 58,5 milhões de toneladas, sendo estatisticamente, o quinto maior cereal produzido no mundo (FAO, 2021; USDA, 2023). No Brasil, o sorgo possui excelentes possibilidades de cultivo e alto potencial de produção nas condições das regiões sul e central, bem como do semiárido nordestino. Mesmo diante de uma pandemia, a agroindústria manteve a produção em nível elevado, que é o principal pilar do produto interno bruto (PIB). Mas apesar das exportações de soja e milho, há demanda de países consumidores que se alimenta de grãos, com destaque para o México e a China, como grandes importadores de sorgo (SANTOS et al., 2020).

A necessidade hídrica da cultura varia de 380 a 600 mm durante o ciclo, dependendo das condições climáticas, principalmente devido ao aumento da temperatura. Dessa forma destaca-se a importância comercial do sorgo para a indústria de ração animal, pois o menor custo de produção e comercialização do sorgo em relação às culturas de soja e milho é um fator que favorece a produção do sorgo no Brasil em áreas com baixa pluviosidade como as regiões nordestinas (MAGALHÃES et al, 2015). Embora a variedade de sorgo granífero seja destinada à produção de grãos, sua matéria verde pode ser usada na alimentação de animais, como forragem (BEHLING NETO et al., 2017).

A competição entre plantas pode prejudicar o desenvolvimento da cultura, já que elas disputam os recursos essenciais como água, luz, CO<sub>2</sub> e nutrientes, o que pode levar a um

fenômeno conhecido como alelopatia. Esse fenômeno ocorre quando as plantas liberam substâncias químicas que estimulam ou inibem o crescimento de outras plantas. Isso pode resultar na redução da produção e na depreciação qualitativa da cultura, uma vez que sementes e restos de plantas daninhas também podem contaminá-la. Para tal, o controle de plantas daninhas pode ser feito de várias maneiras, o químico com o uso de herbicidas ainda é mais utilizado devido à sua praticidade e flexibilidade (TAKADA, 2012; CAMPOS et al., 2020).

A cultura do sorgo é limitada pelo número reduzido de ingredientes ativos registrados, principalmente no controle de plantas daninhas. No Brasil, a atrazina é utilizado na grande maioria das áreas de produção de sorgo para controle das plantas daninhas, mas seu uso é limitado a um número relativamente pequeno de espécies (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

O sorgo granífero tem se mostrado uma alternativa promissora para o cultivo de entre safra da cana-de-açúcar. Isso porque, além de ser uma cultura de rápida produção, o sorgo pode ser utilizado para a produção de silagem, forragem e grãos, bem como para a produção de bioenergia e biocombustíveis. No entanto, assim como na cultura da cana-de-açúcar, o controle de plantas daninhas é um dos principais desafios no cultivo do sorgo granífero. É nesse contexto que os herbicidas tebutiuron e amicarbazona se tornam importantes aliados dos produtores (CARVALHO et al., 2018).

Assim a falta de herbicidas registrados para o controle de plantas daninhas e a susceptibilidade da cultura aos herbicidas utilizados, tornam o controle de plantas daninhas fator limitante na produção potencial de sorgo. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a seletividade do sorgo granífero submetido ao controle químico pré-emergente de plantas daninhas de moléculas não indicadas para a cultura.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Cultura do Sorgo**

O sorgo é uma gramínea pertencente à família Poaceae, gênero *Sorghum* e à espécie *Sorghum bicolor* (L.) Moench. É uma planta autógama, com baixa taxa de fecundação cruzada, que apresenta mecanismo C4, com vantagens fotossintéticas e geralmente requer temperatura média de 27° C e precipitação anual entre 375 e 625 mm. Tem extraordinária capacidade de produção de energia e enorme potencial de produção em matéria seca, pois está bem adaptada a ambientes extremos em comparação com outras espécies, como por exemplo o milho, e sendo também usado para produzir etanol. O sorgo se adapta bem a ambiente com escassez de água, como regiões semiáridas (MAGALHÃES et al., 2015).

A cultura do sorgo se adapta a diversas condições de clima e de solo, altas temperaturas e tem relativa tolerância ao déficit hídrico (MAGALHÃES et al., 2015), sendo que em condições de estresse, é capaz de paralisar seu crescimento, ou diminuir o seu metabolismo, para posteriormente reiniciá-lo quando não houver mais a deficiência hídrica (MENEZES et al., 2015). Possui colmo ereto, com apoio em um sistema radicular resistente com raízes seminais e adventícias, tendo também folhas alternadas compostas por bainha e lâmina foliar com origem nos nós individuais, onde o número de folhas varia de 7 a 30 (SANTOS et al, 2005).

O sorgo possui um sistema radicular capaz de explorar camadas mais profundas, extrair e reciclar nutrientes e promover a descompactação do solo. Estas características tornam o sorgo uma excelente alternativa ao plantio do milho cuja cultura se torna um risco no final da estação chuvosa (MENEZES et al, 2018).

De forma gera, o sorgo é aproveitado das mais diversas formas, desde a utilização de seus grãos na alimentação humana e animal, sendo o restante utilizado para outras finalidades agronômicas e industriais, servindo como matéria-prima para a produção de álcool anidro, bebidas alcoólicas, colas e tintas. Além disso, com suas panículas podem ser feitas vassouras e do seu colmo açúcar (RIBAS, 2014).

### **2.2 O Sorgo Granífero**

Com alta capacidade de adaptação em diversos tipos de climas, principalmente, sob condições de deficiência hídrica, desfavoráveis à maioria de outros cereais, o sorgo foi capaz de se expandir em regiões de cultivo com distribuição irregular de chuvas e em sucessão a culturas de verão. Em temperaturas elevadas o florescimento em geral ocorre por volta com 40 a 55 dias após a germinação. Frequentemente a formação da gema floral ocorre 15 a 30 cm

acima do nível do solo, esse fato ocorre quando as plantas têm cerca de 50 a 75 cm de altura (TARDIN, 2013).

A presença de sílica na endoderme e a lignificação dos anéis pericíclicos é o que conferem à cultura maior tolerância ao excesso de umidade e déficit de umidade do solo. O caule é dividido em nós e entrenós, e toda a planta tem folhas alternadas. Sua altura pode atingir de 1,20 a 4,00 metros, nessas condições a planta encontra-se na fase adulta e fase reprodutiva, com inflorescências terminais em forma de panícula. O fruto é organizado em cariopse ou grãos secos em espiga séssil, fértil, acompanhada de duas espiguetas pedunculadas estéreis (VON PINHO et al., 2014).

O sorgo granífero tem atraído muitos agricultores empresariais que buscam boa rentabilidade no sistema produtivo. Na região do cerrado, o cultivo do sorgo assume destaque em substituição ao milho, principalmente em plantios de sucessão às culturas de verão, trazendo grandes vantagens econômicas ao produtor na formação de palhada, grãos e forragem. Nessas regiões, na época em que ocorre o desenvolvimento da segunda safra, o volume e a frequência de chuvas costumam ser oscilantes e insuficientes (ALMEIDA FILHO et al., 2010).

A espécie é vista como uma alternativa à cultura do milho possui características consideradas vantajosas para os produtores e as indústrias de ração, como o baixo custo de produção e tolerância ao déficit hídrico; sendo capaz de produzir em locais que outras culturas não se adaptam (RODRIGUES, 2015), em função do seu sistema radicular profundo que favorece exploração das camadas do solo (SODRÉ FILHO, 2013).

### **2.3 Situação do Sorgo Granífero no Brasil**

Apesar do sorgo ser uma cultura muito antiga seu desenvolvimento se deu em várias regiões do mundo tão somente no final do século XIX. Sua propagação se iniciou no Brasil na década de 70, principalmente no Rio Grande do Sul, em São Paulo, na Bahia e no Paraná (LANDAU, 2020). É utilizado principalmente na formulação de ração para animais, principalmente frango, e tem como principal vantagem ser mais resistente à estiagem. Os estados que apresentam os maiores percentuais de crescimento são Mato Grosso do Sul, Piauí e Bahia, com incrementos de 362,6%, 227,2% e 98%, respectivamente (CONAB, 2022).

No Brasil, segundo dados do SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática) dos anos de 2016 a 2020 o sorgo ocupa a quarta posição na produção nacional de cereais em grãos, ficando atrás apenas do milho, arroz e trigo (LANDAU, 2020).

Um dos principais problemas na cultura do sorgo tem sido o controle de plantas daninhas, as quais prejudicam a cultura em desenvolvimento, produtividade de massa seca e

verde como também na produção de grãos. Este prejuízo é provavelmente ocasionado pela competição por luz, água e nutrientes, além de favorecer o ataque de pragas e doenças. Para evitar prejuízos, a cultura deve ser mantida livre das plantas daninhas durante o chamado período crítico de prevenção a interferência, que é o momento no desenvolvimento das plantas em que elas são mais vulneráveis à interferência das plantas daninhas. É importante identificar esse período para implementar medidas preventivas, como o uso de herbicidas e outras práticas agrícolas, que reduzam a densidade e o impacto das plantas daninhas e garantam uma produção saudável e eficiente. Este pode ser diferente para cada tipo de sorgo, devido as duas diferentes características ecofisiológicas da cultura, as condições de implantação e manejo que são submetidos, as condições edafoclimáticas do local, à composição da comunidade infestante e ao grau de infestação da área (CABRAL et al., 2013).

## **2.4 Principais métodos de controle de plantas daninhas**

O controle de plantas daninhas é de fundamental importância para o desempenho satisfatório de inúmeras culturas, apresentando reflexos diretos no rendimento das lavouras e nos custos de produção. As técnicas de controle devem estar inseridas em um sistema de manejo integrado, ou seja, um conjunto de práticas de manejo de solo e cultural, que interfiram negativamente no estabelecimento e na competição das espécies daninhas com a cultura, além de propiciar o seu controle por meios preventivos, mecânicos, químicos ou biológicos, associados às condições ambientais predominantes na área de cultivo (COLBACH et al., 2017).

### **2.4.1 Controle mecânico**

Nas medidas mecânicas encontra-se a aração, gradagem, enxada rotativa, cultivos mecanizados, capina manual e roçada manual e mecânica. Apresentam limitações como a baixa eficiência quando realizado sob a chuva, dificuldade de controle de plantas daninhas na linha da cultura e ineficiência no controle de plantas daninhas que se propagam vegetativamente. Este método de controle possui baixo rendimento operacional, podendo também causar danos às plantas por meio de cortes no caule e de suas raízes superficiais (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2018).

### **2.4.2 Controle cultural**

Já o controle cultural consiste no manejo adequado de práticas agrícolas, buscando favorecer o crescimento da cultura em relação as plantas daninhas. Esse método de controle tem como meio as práticas comuns, como rotação de culturas, variação de espaçamento e população de plantas e cobertura verde, dentre outras, direcionadas à supressão das plantas

infestantes. Estas práticas auxiliam ainda na redução do banco de sementes do solo, diminuindo os níveis de infestação da lavoura nos anos subsequentes (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2018).

### 2.4.3 Controle químico

Por outro lado, o uso intensivo de herbicidas, associado à ausência de outros métodos de controle, tem resultado na contaminação de ambientes e seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes. A resistência é definida como “a habilidade de uma planta sobreviver e reproduzir, após exposição a uma dose de herbicida normalmente letal para o biótipo selvagem da planta” (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2018). Dentro das vantagens do controle químico está a prevenção do aparecimento das plantas daninhas, controle efetivo das linhas de plantio, flexibilidade quanto à época de aplicação, redução do tráfego do maquinário na área, rendimento operacional elevado e menor demanda de mão de obra (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2018).

A falta de um controle adequado das plantas daninhas na cultura do sorgo, pode causar perdas significativas de produtividade, apesar de seu alto potencial produtivo, esta pode sofrer competição por água, luz e nutrientes (SILVA et al., 2014), o que limita a produção. A diversidade de espécies e o aspecto irregular dessas plantas dificultam o controle e enfraquece a qualidade dos grãos, causando problemas durante a colheita (KARAM; OLIVEIRA, 2015)

Os produtores, na maioria das vezes, optam pelo uso de produtos químicos no controle, pelas vantagens no estabelecimento e durante o desenvolvimento da cultura. Entretanto, no Brasil, para a cultura do sorgo há somente três moléculas registradas: atrazine, simazine 2,4-D (AGROFIT, 2023).

Dentre os herbicidas com potencialidade de uso na cultura do sorgo o atrazine é recomendado para uso em pré e pós-emergência inicial, sendo absorvido pelas raízes e translocado via apoplasto. O herbicida atrazine é do grupo químico das triazinas, que tem como característica o controle de espécies de folhas largas e apenas algumas gramíneas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). De acordo com ALMEIDA et al. (2018), a atrazina atua inibindo o transporte de elétrons na cadeia transportadora de elétrons do fotossistema II nas plantas, impedindo a formação de ATP e NADPH, que são fundamentais para a fotossíntese. Além disso, a atrazina também pode inibir a síntese de proteínas nas plantas, interferindo no processo de transcrição e tradução de genes.

O período crítico para o controle das plantas daninhas na cultura do sorgo está entre 20 e 42 dias após emergência, ou seja, no estágio de desenvolvimento de três a sete folhas verdadeiras do sorgo (OLIVEIRA; KARAM, 2015). Outros autores relatam que, um período

crítico para sorgo sacarino seja de 14 a 58 dias (SILVA et al., 2014); e para o sorgo granífero, verificaram maior suscetibilidade entre 23 e 42 dias após emergência (CABRAL et al., 2013). De forma geral, as plantas daninhas causam perdas na produtividade de 30 a 75% no sorgo (SILVA et al., 2014).

Alguns dos herbicidas utilizados nas lavouras de cana-de-açúcar são os amicarbazonas, registrados no Brasil para o controle de plantas daninhas mono e dicotiledôneas antes e depois da emergência. Pertencente ao grupo químico das triazolinonas, seu mecanismo de ação é a inibição do fotossistema II, que causa clorose, nanismo e necrose foliar. Atualmente é um dos herbicidas mais utilizados no mundo (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018).

O herbicida amicarbazona liga-se à proteína D1 como um inibidor da fotossíntese, impedindo a transferência de elétrons entre QA e QB no fotossistema II. Quando a planta se liga à proteína e é exposta a altos níveis de radiação fotossinteticamente ativa, são produzidos radicais livres que promovem a peroxidação da membrana. Portanto, a produção de energia diminui, o que aumenta a emissão de fluorescência do aparato fotossintético (ARALDI, 2010).

Outro herbicida que é largamente utilizado é o tebutiuron, que é absorvido pelas folhas e raízes das plantas e interfere no processo de fotossíntese, inibindo a atividade das enzimas do fotossistema II, que é responsável pela transferência de elétrons durante a fase fotoquímica da fotossíntese. Isso resulta na interrupção da produção de ATP e NADPH, que são necessários para a síntese de carboidratos, lipídios e outros compostos importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2020).

As plantas daninhas além de competir com a cultura pelos recursos disponíveis, têm efeito alelopático; pode abrigar pragas e doenças; ser suscetível a nematoides como *Meloidogyne incognita*, que podem infestar diversas espécies de gramíneas (BELLÉ et al., 2017); impedem a colheita e reduzem a qualidade do produto, entre outras coisas. Monitorá-los é essencial para evitar danos ao sistema de produção; é importante implementar práticas que reduzam as taxas de infecção. Essas práticas devem ser implementadas de forma integrada para garantir o manejo sustentável, com o objetivo de dar vantagem competitiva à safra, preservar a qualidade do produto, o meio ambiente e a saúde humana e animal (SILVA et al., 2018).

O uso de produtos químicos costuma ser o principal ou único método de controle nos sistemas de produção; isso se deve ao fato de os herbicidas promoverem o rápido desenvolvimento das lavouras evitando perturbações poluidoras da comunidade de plantas daninhas (SILVA et al., 2014), controlando as variedades na linha da planta, maior flexibilidade no tempo de aplicação, menor utilização de mão de obra manual e alta eficiência do trabalho (SILVA et al., 2018).

O método químico de controle de plantas daninhas é baseado no uso de herbicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. No entanto, no caso da cultura do sorgo, isso é limitado pelo número de substâncias ativas registradas antes e depois da emergência. Após a emergência, recomenda-se apenas a atrazina, que é recomendada para o controle de muitas ervas daninhas de folha larga e algumas gramíneas nos estágios iniciais antes e depois da emergência, e o 2,4-D, que é eficaz no controle de dicotiledôneas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018).

## **2.5 Seletividade dos herbicidas**

A seletividade dos herbicidas é um requisito fundamental para sua utilização no controle de plantas daninhas e se deve à complexa interação entre plantas, herbicidas e meio ambiente, sendo considerados seletivos aqueles que conseguem controlar as plantas daninhas e não causam alteração do desempenho desejado da cultura (VERCAMPT et al., 2017).

A seletividade varia em função de diversos fatores, como condições ambientais antes e depois da aplicação, características inerentes aos herbicidas, forma de aplicação, dose de produto utilizada, estágio de desenvolvimento da planta, forma de absorção e metabolismo. Além disso, a localização espacial e temporal do herbicida em relação à planta afeta como o produto interfere na planta (HARRINGTON et al., 2017).

A fitotoxicidade induzida por herbicidas é um dos danos mais importantes às culturas que são afetadas por condições ambientais, como temperatura e luz, que podem causar alterações fisiológicas e bioquímicas no metabolismo da planta. A seletividade pode variar em função da temperatura ambiente, pois plantas que toleram um determinado herbicida, em condições de frio são muito afetadas, o que pode estar relacionado ao metabolismo lento de herbicidas em plantas sob condições de estresse ambiental (PAPORISCH et al., 2017; TROPALDI et al., 2015).

Outro fator que afeta a seletividade dos herbicidas é a quantidade de produto (peso ou volume) aplicado na área. A quantidade utilizada deve controlar eficazmente as plantas daninhas, com pouco ou nenhum dano às plantas cultivadas (OLIVEIRA et al., 2018).

Além da dose, a composição tem um papel muito importante no uso de herbicidas, pois esse fator descreve sua seletividade ou falta dela para determinada espécie. Esse conhecimento permite o uso de técnicas que evitam a exposição de culturas sensíveis e doses tóxicas de herbicidas (DIAS et al., 2017; SOMERVILLE et al., 2017).

As camadas serosa e cuticular das plantas são afetadas pela idade, pois as plantas mais velhas têm essas propriedades mais desenvolvidas, o que as permite tolerar melhor as moléculas

de herbicidas, pois a diferenciação dos tecidos dentro das plantas ocorre juntamente com o desenvolvimento dessas propriedades (GÁMIZ et al., 2019). A translocação de herbicidas após cruzar a cutícula ocorre via simplasto ou apoplasto, e a translocação de longa distância dentro das plantas ocorre principalmente por uma dessas vias, semelhante à zona radicular da planta. (HESS, 2017; GASKIN et al., 2018).

A translocação diferencial do apoplasto após a absorção pela raiz é um fator importante na determinação da seletividade de vários herbicidas, pois a seletividade pode ser afetada pela intensidade e quantidade total translocada. A movimentação de moléculas de herbicidas no interior das plantas ocorre juntamente com a movimentação de fotoassimilados na planta e é influenciada por fontes, que determinam os locais de uso dos fotoassimilados (HESS, 2017). O uso de herbicidas não seletivos pode danificar as plantas, inibir seu desenvolvimento e dificultar seu estabelecimento em áreas cultivadas onde as plantas daninhas podem causar mais problemas. Pesquisas relacionadas a cada cultura e cultivar são necessárias, pois a seletividade pode levar a diferentes padrões comportamentais que diferem de planta para planta (DE MESQUITA et al., 2017).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na área experimental do Laboratório de Tecnologia de Produção do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL (09°28'02" S e 35°49'43" W, 127 m de altitude). O clima é, pela classificação de Thornthwaite e Mather, quente e úmido (B1), megatérmico (A'), com deficiência de água moderada no verão (s), com grande excesso de água no inverno (w2), e a precipitação pluvial média anual da região é 1.800 mm (MORAIS et al., 2017).

O experimento foi conduzido durante os meses de abril a agosto de 2022. Previamente foi realizada a coleta de solo para fins de análise química. A amostra foi retirada por meio da abertura de covas até a profundidade de 0-20 cm, sendo encaminhada ao laboratório da Central Analítica, localizado em Maceió-AL. Os resultados da análise de solo encontram-se a seguir:

**Tabela 1.** Características químicas do solo utilizado no experimento.

pH em água	Na	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	CTCefetiva	CTCTotal	M.O	V	M
	mgdm <sup>-3</sup>			mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%	%	%	
5,5	34	49	40	31	29	0	46	6,25	10,85	2,49	57,6	0

Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Na: Sódio; K: Potássio; H+Al: Acidez potencial; Al: Alumínio; V: Saturação de bases; m: Saturação por alumínio; P: Fósforo; M.O: Matéria orgânica.

Preencheu-se vasos plásticos com 5 kg do solo peneirado com peneira de malha de 0,4 mm. A adubação seguiu as recomendações da análise de solo e foram feitas adubações de N e K em cobertura aos 15 e 30 dias após a semeadura. Os níveis de P já satisfaziam a cultura.

A semeadura do sorgo granífero ocorreu no dia 11 de abril de 2022 de forma manual a uma profundidade de 2 cm. Foram colocadas 15 sementes por vaso e posteriormente foi feito o desbaste, onde deixou-se apenas 1 planta, constituindo assim a parcela. A irrigação nos primeiros 7 dias foi feita com o auxílio de regador com 200 ml de água, de forma que a água não fosse drenada do vaso. Após isso foi feita a irrigação normalmente, colocando-se água até que fosse drenado do vaso.

Foram realizados dois ensaios simultâneos, com delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 7, com quatro repetições: o primeiro fator: três herbicidas pré-emergentes (Atrazine, Tebutiuron e Amicarbazona) e o segundo fator foram os tratamento controle (sem aplicação de herbicidas) + 6 doses, segundo a descrição: T1 – controle; T2 – 25% da dose comercial (625, 300, 350 g.i.a.ha<sup>-1</sup>); T3 – 50% da dose comercial (1250, 600, 700 g.i.a.ha<sup>-1</sup>); T4 - 75% da dose comercial (1875, 900, 1050 g.i.a.ha<sup>-1</sup>); T5 - 100% da dose

comercial (2500, 1200, 1400 g.i.a.ha<sup>-1</sup>); T6 - 125% da dose comercial (3125, 1500, 1750 g.i.a.ha<sup>-1</sup>) e T7 - 150% da dose comercial (3750, 1800, 2100 g.i.a.ha<sup>-1</sup>). Ambos os experimentos tiveram os mesmos fatores, diferindo apenas no sorgo granífero, sendo utilizados os híbridos 1G-100 e 1G-233, com características superprecoce e porte baixo.

A aplicação dos herbicidas foi realizada 1 dia após a semeadura (DAS) do sorgo granífero, com aplicação realizada pela manhã. Para a aplicação dos tratamentos foram utilizadas as doses recomendadas dos herbicidas de nome comercial Siptran, Lava 800 e Magneto. A aplicação foi realizada utilizando-se um pulverizador costal, equipado com barra com dois bicos XR 11002, espaçados de 40 cm, mantidos à altura de 50 cm do alvo, à pressão de 250 kPa, com volume de calda de 200 L.ha<sup>-1</sup>.

Foram feitas medidas biométricas como alturas das plantas de sorgo (AP) com trena graduada em cm, tendo como referência a distância do colo à extremidade da planta com a aurícula foliar totalmente expandida, o diâmetro do colmo (DC), com o auxílio de paquímetro digital, e o número de folhas (NF) por planta. Aos 110 DAS foram colhidos os genótipos 1G-100 e 1G-233 e separadas para pesagem da massa da matéria verde e seca de folhas (MVF e MSF), colmos (MVC e MSC), panículas (MVP e MSP), a massa dos grãos (MG) e o peso de mil grãos (PMG).

A massa da matéria verde total (MVT) foi obtida através da soma das matérias verdes da parte aérea (colmos, folhas e panículas). Cada parte da planta foi armazenada separadamente, em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas, posteriormente feita a pesagem do material seco. A massa da matéria seca total (MST) foi determinada a partir do somatório da matéria seca de folhas, colmos e panículas.

Os resultados, seguindo os pressupostos da análise de variância para homogeneização dos dados, foram submetidos à análise pelo teste F a 5% de significância. Na detecção de efeito significativo para a interação Herbicidas x Doses, foram aplicados o teste de Tukey para comparação das médias dos tratamentos a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram processadas com auxílio do software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014).

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados da análise de variância, estão apresentados nas Tabelas 2 e 7. Verificou-se que os herbicidas avaliados para ambos os híbridos apresentaram significância da massa verde e seca de plantas de sorgo, altura de plantas, diâmetro do colmo, número de folhas, peso de mil grãos e massa dos grãos. Esse comportamento sugere que aplicações de diferentes ingredientes ativos se comportam de forma diferente, ou seja, o uso desses produtos pode afetar as características agronômicas das plantas, tais como altura de plantas ou acúmulo de matéria verde e seca em plantas de sorgo, e conseqüentemente sua produtividade.

Avaliando o efeito da aplicação das doses dos herbicidas atrazine, tebutiuron e amicarbazona em diferentes doses, foi observado efeito significativo pelo teste F a 1% de probabilidade da interação H x D (Herbicidas x Doses) para todas as variáveis relacionadas à biomassa verde e seca, em ambos os híbridos, dessa maneira os resultados foram dependentes dos herbicidas e das doses utilizadas (Tabela 2).

**Tabela 2** – Resumo da análise de variância da biomassa verde e seca dos híbridos de sorgo granífero 1G100 e 1G233, submetidas as sete doses de três herbicidas pré-emergentes. Rio largo, 2023.

<b>1G100</b>									
FV	GL	Quadrados Médios							
		MVF	MVP	MVC	MVT	MSF	MSP	MSC	MST
Blocos	3	3,06	0,42	1,35	6,27	0,44	0,10	1,31	1,82
Herbicidas (H)	2	681,27**	1313,71**	1634,04**	10555,15**	63,41**	3,20**	111,07**	404,55**
Doses (D)	6	424,52**	1186,54**	957,49**	7374,44**	58,91**	3,09**	65,37**	305,05**
H x D	12	73,13**	176,48**	181,92**	1120,30**	8,13**	0,46**	12,12**	46,53**
Resíduo	60	2,68	2,12	3,56	12,26	0,97	0,09	1,05	3,52
CV%	-	14,39	9,22	10,53	7,77	21,55	33,75	21,57	18,29
<b>1G233</b>									
FV	GL	Quadrados Médios							
		MVF	MVP	MVC	MVT	MSF	MSP	MSC	MST
Blocos	3	2,68	4,29	10,64	42,29	0,97	0,18	1,08	4,55
Herbicidas (H)	2	440,16**	1291,86**	1852,79**	9797,31**	66,91**	2,70**	85,65**	362,98**
Doses (D)	6	479,55**	1167,41**	1020,84**	7604,50**	51,34**	2,61**	88,88**	324,90**
H x D	12	81,10**	201,77**	180,27**	1016,05**	8,65**	0,36**	7,79**	35,56**
Resíduo	60	1,15	1,34	5,28	6,61	0,40	0,08	0,68	1,50
CV%	-	7,71	7,36	12,57	5,56	14,37	32,18	17,15	12,10

F.V. - Fontes de Variação; C.V. - Coeficiente de Variação; G.L. - Graus de Liberdade; MVF – Massa verde de folhas; MVP – Massa verde de panículas; MVC – Massa verde do colmo; MVT – Massa verde total; MSF – Massa seca de folhas; MSP – Massa seca de panículas; MSC – Massa seca do colmo e MST – Massa seca total. \*\* Significativo pelo teste F a 1%; \*Significativo pelo teste F a 5%; ns = não significativo.

Na Tabela 3, 4, 5 e 6 encontram-se os desdobramentos da interação herbicidas x doses dos híbridos 1G100 e 1G233 em efeito aos herbicidas pré-emergentes em sete doses para massa verde e seca das folhas, panículas, colmos e total. Observa-se que nas doses de 25, 50, 75 e 100%, o atrazina apresentou a valores semelhantes a testemunha sem herbicida, não diferindo estatisticamente do tebutiuron nas doses de 25 e 50%. Nessas mesmas doses, o amicarbazona apresentou os menores valores. O uso dos herbicidas nos híbridos 1G -100 e 1G-233, em doses superiores as usadas comercialmente (125 e 150%), causaram redução da massa verde e seca, comprometendo as plantas, em destaque para tebutiuron, que os levou a morte.

**Tabela 3** – Médias dos desdobramentos da interação herbicida x doses dos híbridos de sorgo granífero 1G100 e 1G233 submetidos a sete doses de atrazina, tebutiuron e amicarbazona da variável massa verde e seca das folhas. Rio Largo-AL, 2023.

		<b>1G100</b>						
		Massa verde das folhas (g)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	19,61 a	19,42 b	19,32 b	19,21 c	19,21 b	11,41 c	9,59 b
	Tebutiuron	19,61 a	19,41 b	19,37 b	9,35 b	2,7 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	19,61 a	8,07 a	7,42 a	5,92 a	5,35 a	4,15 b	0,0 a
		Massa seca das folhas (g)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	7,14 a	7,16 b	7,04 b	6,90 b	6,86 c	5,17 c	3,83 b
	Tebutiuron	7,14 a	6,83 ab	6,83 b	2,96 a	1,02 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	7,14 a	5,66 a	5,36 a	4,23 b	2,99 b	1,80 b	0,0 a
		<b>1G233</b>						
		Massa verde das folhas (g)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	19,63 a	19,97 a	19,96 a	19,75 b	19,72 b	15,99 c	15,56 b
	Tebutiuron	19,63 a	20,25 a	19,59 a	15,19 a	4,55 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	19,63 a	20,20 a	19,67 a	13,64 a	4,98 a	4,58 b	1,32 a
		Massa seca das folhas (g)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	6,64 a	6,68 b	6,66 b	6,65 b	6,50 b	5,19 b	4,75 b
	Tebutiuron	6,64 a	6,35 b	6,22 b	4,33 a	1,70 a	0,0 a	0,0 a

Amicarbazona 6,64 a 4,66 a 4,28 a 4,14 a 1,62 a 0,64 a 0,39 a

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

**Tabela 4** – Médias dos desdobramentos da interação herbicida x doses dos híbridos de sorgo granífero 1G100 e 1G233 submetidos a sete doses de atrazine, tebutiuron e amicarbazona da variável massa verde e seca das panículas. Rio Largo-AL, 2023.

		<b>1G100</b>						
		Massa verde das panículas (g)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	28,69 a	29,03 b	29,02 b	28,77 c	28,77 b	10,73 c	9,32 b
	Tebutiuron	28,69 a	28,81 b	28,61 b	6,51 a	2,14 a	0,0a	0,0 a
	Amicarbazona	28,69 a	13,47 a	12,37 a	11,36 b	3,18 a	2,23 b	0,0 a
		Massa seca das panículas (g)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	29,19 a	29,33 b	28,99 b	28,93 c	28,80 c	9,65 c	7,98 b
	Tebutiuron	29,19 a	29,37 b	29,26 b	6,39 a	3,14 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	29,19 a	11,08 a	9,88 a	9,59 b	5,66 b	3,44 b	1,57 a
		<b>1G233</b>						
		Massa verde das panículas (g)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	1,48 a	1,72 b	1,66 b	1,55 b	1,48 c	0,88 b	0,50 b
	Tebutiuron	1,48 a	1,62 b	1,52 b	0,54 a	0,23 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	1,48 a	0,93 a	0,89 a	0,79 a	0,68 b	0,20 a	0,0 a
		Massa seca das panículas (g)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	1,56 a	1,58 a	1,51 a	1,41 b	1,36 b	0,64 b	0,61 b
	Tebutiuron	1,56 a	1,60 a	0,76 a	0,61 a	0,45 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	1,56 a	1,15 a	0,54 a	0,46 a	0,42 a	0,38 ab	0,34 ab

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

**Tabela 5** – Médias dos desdobramentos da interação herbicida x doses dos híbridos de sorgo granífero 1G100 e 1G233 submetidos a sete doses de atrazine, tebutiuron e amicarbazona da variável massa verde e seca dos colmos. Rio Largo-AL, 2023.

<b>1G100</b>								
Massa verde dos colmos (g)								
Fonte de variação	Doses dos herbicidas %							
	0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%	
Herbicidas	Atrazine	7,81 a	7,91 b	7,83 b	7,60 b	7,51 c	6,30 b	4,12 b
	Tebutiuron	7,81 a	7,85 b	7,71 b	3,34 a	0,82 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	7,81 a	4,02 a	3,75 a	3,34 a	3,03 b	1,03 a	0,0 a
Massa seca dos colmos (g)								
Fonte de variação	Doses dos herbicidas %							
	0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%	
Herbicidas	Atrazine	29,81 a	29,74 a	29,61 b	29,53 c	29,48 c	18,92 c	18,77 b
	Tebutiuron	29,81 a	29,23 a	28,82 b	18,22 b	1,80 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	29,81 a	17,77 b	13,86 a	7,88 a	7,83 b	5,75 b	0,0 a
<b>1G233</b>								
Massa verde dos colmos (g)								
Fonte de variação	Doses dos herbicidas %							
	0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%	
Herbicidas	Atrazine	29,91 a	30,55 b	30,12 b	29,86 c	29,76 b	26,28 b	14,77 b
	Tebutiuron	29,91 a	30,30 b	30,14 b	17,14 b	4,31 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	29,91 a	17,06 a	14,76 a	11,73 a	3,65 a	2,59 a	1,18 a
Massa seca dos colmos (g)								
Fonte de variação	Doses dos herbicidas %							
	0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%	
Herbicidas	Atrazine	8,43 a	8,49 b	8,49 b	8,35 b	8,32 b	4,83 b	4,19 b
	Tebutiuron	8,43 a	8,32 b	8,30 b	4,90 a	1,27 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	8,43 a	4,15 a	5,72 a	5,33 a	0,69 a	0,26 a	0,24 a

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

**Tabela 6** – Médias dos desdobramentos da interação herbicida x doses dos híbridos de sorgo granífero 1G100 e 1G233 submetidos a sete doses de atrazine, tebutiuron e amicarbazona da variável massa verde e seca total. Rio Largo-AL, 2023.

<b>1G100</b>								
Massa verde total (g)								
Fonte de variação	Doses dos herbicidas %							
	0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%	
Herbicidas	Atrazine	78,12 a	78,19 b	77,95 b	77,46 c	77,09 c	40,91 c	37,83 b
	Tebutiuron	78,12 a	77,46 b	76,81 b	34,08 b	6,72 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	78,12 a	37,58 a	35,41 a	23,03 a	16,41 b	15,22 b	0,0 a
Massa seca total (g)								
Fonte de variação	Doses dos herbicidas %							
	0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%	
Herbicidas	Atrazine	16,43 a	16,61 b	16,40 b	16,05 b	16,17 c	12,35 b	8,46 b
	Tebutiuron	16,43 a	16,31 b	16,07 b	6,84 a	2,07 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	16,43 a	10,18 a	9,94 a	8,67 a	6,91 b	3,03 a	0,0 a
<b>1G233</b>								
Massa verde total (g)								
Fonte de variação	Doses dos herbicidas %							
	0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%	
Herbicidas	Atrazine	78,74 a	79,46 b	79,16 b	78,29 b	77,87 b	51,50 c	38,75 b
	Tebutiuron	78,74 a	79,81 b	79,72 b	38,73 a	12,01 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	78,74 a	47,83 a	44,24 a	34,97 a	13,91 a	11,02 b	4,09 a
Massa seca total (g)								
Fonte de variação	Doses dos herbicidas %							
	0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%	
Herbicidas	Atrazine	16,63 a	16,75 b	16,66 b	16,41 b	16,38 b	10,67 b	9,56 b
	Tebutiuron	16,63 a	15,60 b	14,78 b	9,84 a	3,44 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	16,63 a	9,97 a	10,39 a	10,04 a	2,70 a	1,37 a	0,97 a

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

Foi observado que o herbicida atrazine apresentou resultados semelhantes à testemunha sem herbicida até a dose recomendada, o que corrobora com os resultados de outros estudos, que também mostram a eficácia do atrazine, mostrando-se seletivo na cultura do sorgo. Concenço et al. (2012) relataram que o herbicida atrazine aplicado antes da emergência de plantas daninhas em sorgo sacarino controlou mais de 92% infestações em 1.500-3.000 g.i.a.ha<sup>-1</sup> sem causar alta fitotoxicidade na cultura, dados que corroboram com os resultados aqui

descritos. Isso explica por que vários autores (MITCHELL et al., 2011; FROMME et al., 2012) recomendaram o herbicida atrazina devido à sua fitotoxicidade zero ou muito baixa para a espécie em estudo. Porém nas doses acima da recomendada mostrou-se prejudicial ao sorgo granífero, afetando a massa verde e seca do colmo, panícula e folhas. Brighenti et al. (2012) encontraram menores valores de massa verde e seca de Sorgo na presença de atrazina, mesma molécula utilizado neste trabalho, na dose de 3,0 kg ha<sup>-1</sup> i.a. De forma semelhante, o herbicida tebutiuron também mostrou resultados semelhantes até metade da dose recomendada, após o isso houve uma redução significativa na massa seca do colmo, panícula e folhas, e levando a morte das plantas nas doses 125 e 150%. Já o herbicida amicarbazona mostrou-se prejudicial mesmo em doses baixas (350 g.ha<sup>-1</sup>), afetando a massa verde e seca do sorgo.

Esses resultados estão em consonância com estudos prévios que também apontaram efeitos negativos em diferentes doses de herbicidas em sorgo. Por exemplo, um estudo realizado por Silva et al. (2015) avaliaram os efeitos da atrazina em diferentes doses na fisiologia e produtividade do sorgo biomassa e Souza et al., (2017) avaliaram os efeitos da atrazina no crescimento e acúmulo de nitrogênio em plantas de sorgo sacarino. Os resultados indicaram que o uso de doses acima das recomendadas comercialmente (acima de 3000 g.ha<sup>-1</sup>) de atrazina afetou negativamente o crescimento e o acúmulo de nitrogênio nas plantas de sorgo. Os resultados indicaram que o aumento da dose de atrazina levou a uma diminuição na eficiência fotossintética e na produtividade do sorgo.

Um estudo conduzido por Silva (2013) indicou que o tebutiuron causou redução significativa na altura da planta e massa fresca de sorgo. Ferreira (2021), trabalhando com doses de tebutiuron em braquiária e sorgo, observou que aos 7 DAE eles não apresentavam sintomas visuais de fitotoxicidade acima de 30% até a dose de 720 g ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, doses crescentes aos 21 DAE causaram aumento da fitotoxicidade com valores acima de 90%, a partir das doses de 720 g.ha<sup>-1</sup>. Barbosa et al. (2017) avaliaram o efeito do tebutiuron no crescimento e no acúmulo de nutrientes em plantas de milho. Os resultados mostraram que o herbicida pode causar redução no crescimento das plantas e no acúmulo de nutrientes, além de causar fitotoxicidade.

No caso da amicarbazona, um estudo recente conduzido por Campanhola et al. (2021) em milho mostrou que esse herbicida pode afetar negativamente a produtividade da cultura. herbicida amicarbazona mostrou-se prejudicial ao sorgo granífero mesmo em doses baixas, resultando em uma redução significativa da massa verde do colmo da planta. Isso está de acordo com outros estudos que relatam a toxicidade da amicarbazona para o sorgo granífero, incluindo redução da produção de grãos e aumento da taxa de mortalidade de plântulas (BARROSO et

al., 2019). Os autores destacaram que a dose do herbicida e a época de aplicação devem ser cuidadosamente avaliadas para minimizar os efeitos negativos. A redução da massa de matéria seca afeta diretamente o rendimento econômico da cultura, contribui para redução na produção de grãos, que é o principal componente de produção destas variedades de sorgo (RODRIGUES, 2019).

Ao analisar a Tabela 7 é possível observar que houve significância a 1% de probabilidade para a interação herbicida x doses, para as variáveis altura de plantas, diâmetro do colmo, número de folhas, peso de mil grãos e massa dos grãos, sendo assim necessário fazer os desdobramentos.

**Tabela 7** – Resumo da análise de variância das características agrônômicas de híbridos de sorgo granífero submetidas as sete doses de três herbicidas pré-emergentes.

1G100						
FV	GL	Quadrados Médios				
		AP	DC	NF	PMG	MG
Blocos	3	9,98	0,07	0,23	2,46	1,34
Herbicidas(H)	2	5183,73**	213,43**	42,58**	1748,09**	279,14**
Doses (D)	6	8494,26**	217,74**	60,43**	1617,09**	629,87**
H x D	12	1298,81**	42,32**	20,29**	376,85**	50,22**
Resíduo	60	6,29	0,09	0,22	6,34	1,75
CV%	-	3,71	3,01	6,67	7,79	10,55
1G233						
FV	GL	Quadrados Médios				
		AP	DC	NF	PMG	MG
Blocos	3	14,48	0,03	0,51	2,45	0,60
Herbicidas(H)	2	5034,67**	188,98**	49,96**	1804,16**	295,78**
Doses (D)	6	5608,63**	175,98**	29,63**	777,48**	587,70**
H x D	12	1167,95**	39,90**	18,57**	521,06**	55,48**
Resíduo	60	3,77	0,05	0,21	5,46	1,63
CV%	-	2,84	2,13	6,16	6,04	12,75

F.V. - Fontes de Variação; C.V. - Coeficiente de Variação; G.L. - Graus de Liberdade; AP – Altura de plantas (cm); DC – Diâmetro do colmo (cm); NF – Número de folhas; PMG – Peso de mil grãos (g) e MG – Massa do grão (g). \*\* Significativo pelo teste F a 1%; \*Significativo pelo teste F a 5%; ns = não significativo.

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 9 e 10, observou-se que os herbicidas atrazina e tebutiuron não apresentaram diferenças significativas em relação à altura das plantas até a dose de 50% em comparação com o tratamento controle após 110 dias da aplicação, com uma média de 90 cm. Esses resultados corroboram com os achados de Rodrigues (2018), que em seu estudo com híbridos de sorgo biomassa, também verificou uma altura

semelhante ao tratamento controle após 70 dias da aplicação do herbicida atrazina. Em resumo, os dados obtidos sugerem que o uso dos herbicidas atrazina e tebutiuron não afetou negativamente o crescimento das plantas estudadas, mantendo-as com altura semelhante às daquelas do tratamento controle. O herbicida amicarbazona foi o que afetou negativamente o desenvolvimento das plantas já a partir de 25%, devido aos danos com fitotoxidez. De acordo com Monteiro et al. (2004) a altura de planta é um caráter significativo para a produção de biomassa em sorgo, mas nem sempre a maior altura implica maior produção de matéria seca, esta variável deve estar correlacionada ao diâmetro do colmo.

Maciel et al. (2019) já verificaram em estudo que o uso de herbicidas costuma afetar a altura das plantas de milho, mas na prática muitas vezes não são detectados na época da colheita. Mas é importante lembrar que a altura da planta está intimamente relacionada à capacidade reprodutiva e ao peso seco da planta. Lima (2020) observou que sorgo sacarino em tratamento com amicarbazona ( $210 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) afetou a altura de plantas, porém, mesmo como plantas mais baixas, os colmos desse tratamento não apresentaram redução na produção de biomassa.

Os resultados do desdobramento da interação herbicida x doses das variáveis altura de plantas, diâmetro do colmo, número de folhas, peso de mil grãos e massa dos grãos estão apresentados a seguir na Tabela 8 e 9.

**Tabela 8** – Médias dos desdobramentos da interação de híbridos de sorgo granífero 1G-100 submetidos a sete doses de atrazine, tebutiuron e amicarbazona em características agrônômicas. Rio Largo-AL, 2023.

		Altura de plantas (cm)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	90,75 a	90,00 b	89,50 b	89,50 c	89,25 b	66,75 c	63,50 b
	Tebutiuron	90,75 a	92,25 b	91,25 b	63,75 a	57,00 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	90,75 a	82,00 a	81,00 a	76,50 b	58,25 a	56,75 b	0,0 a
		Diâmetro do colmo (mm)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	14,42 a	14,52 a	14,40 a	14,37 c	14,35 b	12,40 c	11,30 b
	Tebutiuron	14,42 a	14,45 a	14,17 a	12,72 b	7,05 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	14,42 a	14,02 a	13,85 a	6,72 a	6,65 a	6,12 b	0,0 a
		Número de folhas por planta (NF)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	8,50 a	8,50 a	8,25 a	8,25 a	8,25 a	8,00 b	8,0 b
	Tebutiuron	8,50 a	8,25 a	8,25 a	8,00 a	7,00 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	8,50 a	8,25 a	8,25 a	8,25 a	8,00 a	7,25 b	0,0 a
		Peso de mil grãos (g)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	42,60 a	42,70 b	42,67 b	42,65 b	42,62 c	40,20 c	36,65 b
	Tebutiuron	42,60 a	42,62 b	42,52 b	36,70 a	33,22 b	0,0 a	0,0a
	Amicarbazona	42,60 a	35,45 a	34,05 a	34,00 a	26,77 a	18,37 b	0,0a
		Massa dos grãos (g)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	19,82 a	20,25 a	20,13 b	19,95 c	19,50 c	8,20 b	4,70 b
	Tebutiuron	19,82 a	19,40 a	19,03 b	6,72 a	5,09 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	19,82 a	20,87 a	13,58 a	11,65 b	8,35 b	6,52 b	0,0 a

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

**Tabela 9** – Médias dos desdobramentos da interação de híbridos de sorgo granífero 1G-233 submetidos a sete doses de atrazine, tebutiuron e amicarbazona em características agrônômicas. Rio Largo-AL, 2023.

		Altura de plantas (cm)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	89,25 a	88,75 b	88,75 b	88,25 c	88,00 b	64,00 c	62,50 c
	Tebutiuron	89,25 a	88,75 b	88,50 b	61,50 a	54,25 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	89,25 a	83,25 a	77,00 a	76,75 b	58,75 a	52,00 b	50,50 b
		Diâmetro do colmo (mm)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	14,30 a	14,35 a	14,35 b	14,00 c	14,15 b	12,55 c	11,32 c
	Tebutiuron	14,30 a	14,35 a	14,37 b	12,27 b	6,87 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	14,30 a	14,02 a	13,45 a	6,87 a	6,42 a	6,20 b	6,0 b
		Número de folhas por planta (NF)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	8,50 a	8,50 a	8,50 a	8,50 a	8,50 a	8,0 b	8,0 b
	Tebutiuron	8,50 a	8,50 a	8,50 a	8,50 a	8,0 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	8,50 a	8,25 a	8,25 a	8,25 b	8,0 a	7,5 b	7,5 b
		Peso de mil grãos (g)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	45,92 a	46,0 b	45,82 a	45,62 c	45,70 c	40,47 c	35,50 c
	Tebutiuron	45,92 a	46,17 b	45,52 a	35,90 a	32,47 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	45,92 a	31,72 a	32,50 a	30,70 b	20,90 b	17,50 b	12,75 b
		Massa dos grãos (g)						
		Doses dos herbicidas %						
Fonte de variação		0%	25%	50%	75%	100%	125%	150%
Herbicidas	Atrazine	17,88 a	18,30 b	18,03 b	17,86 b	17,77 b	3,40 b	2,90 b
	Tebutiuron	17,88 a	17,96 b	16,96 b	6,16 a	1,44 a	0,0 a	0,0 a
	Amicarbazona	17,88 a	13,95 a	12,35 a	4,73 a	2,72 a	1,50 ab	0,76 ab

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

No presente estudo, foram avaliados os efeitos dos herbicidas atrazine, tebutiuron e amicarbazona sobre diversas variáveis de crescimento e produção do sorgo granífero. Os

resultados indicaram que, para as variáveis de altura de plantas, diâmetro do colmo, número de folhas, peso de mil grãos e massa dos grãos, o uso dos herbicidas atrazine mostrou-se eficaz até a dose recomendada, com resultados semelhantes aos da testemunha sem herbicida. No entanto, em doses acima da recomendada comercialmente, todos os 3 herbicidas se mostraram prejudiciais à cultura de sorgo, afetando negativamente essas variáveis. Souza et al. (2018) avaliou o efeito de diferentes doses de herbicidas, incluindo inibidores do fotossistema II, na altura de plantas, diâmetro do colmo e número de folhas em sorgo. Os resultados mostraram que a aplicação desses herbicidas reduziu significativamente a altura das plantas e o diâmetro do colmo, mas não afetou o número de folhas. Estudos anteriores também relataram efeitos negativos de altas doses de atrazine e tebutiuron sobre o crescimento e produção de outras culturas, como o milho e o algodão (HORN, 2017; FERREIRA et al., 2020). Além disso, o herbicida amicarbazona mostrou-se prejudicial mesmo em doses abaixo da usada comercialmente, afetando negativamente as variáveis avaliadas. Esses resultados corroboram com outros estudos que também relatam efeitos negativos do amicarbazona sobre a produção de diversas culturas, como a soja e o trigo (SILVA et al., 2019; NEVES et al., 2020). FURQUIM et al. (2019) concluiu que atrazine pode ser utilizado para aplicações em pré-emergência sem afetar o desenvolvimento inicial das plantas de sorgo.

Observou-se que o número de folhas variou de 8 a 9 folhas nos 3 herbicidas, exceto no tebutiuron nas doses 125% e 150% para o híbrido 1G100 e amicarbazona na dose 150% para o híbrido 1G233, corroborando para o resultado observado por Santos (2022) em que encontrou de 8 a 9 folhas para os mesmos híbridos 1G100 e 1G233 aos 50 dias. As folhas mais velhas apresentam menor taxa fotossintética e baixo desenvolvimento devido às alterações induzidas pela senescência (MAGALHÃES et al., 2013).

Pinto et al., (2009) observou que os resultados mostraram que o peso de mil grãos do sorgo foi afetado por herbicidas (imacetapyr-imatsapic) com atividade no solo com duração superior a 365 DAA e quantidade suficiente para reduzir significativamente o peso dos grãos. Consistente com a tendência de outras variáveis estudadas, o peso de mil grãos diminuiu com o aumento da dose de herbicida. Os herbicidas (imacetapir-imazapina) na dose de 100 g ha<sup>-1</sup> reduziram o P1000 em 29,5%, enquanto o tratamento com o dobro da dose recomendada apresentou atividade residual. Um estudo realizado por Alves et al. (2019) avaliou o efeito de diferentes doses dos herbicidas atrazine, metribuzin e diuron, todos inibidores do fotossistema II, no peso de mil grãos de sorgo. Os resultados mostraram que o peso de mil grãos foi significativamente reduzido em função da dose dos herbicidas, sendo que o atrazine causou a maior redução.

Dan et al. (2010) observaram dimorfismo no colo da planta seguido de crescimento irregular das raízes adventícias levando a desnutrição e consequente redução da produtividade à medida que o sorgo e os herbicidas comumente usados aumentam.

Lima (2020) em estudos de seletividade de herbicidas em pré-emergência de sorgo sacarino cultivado em diferentes texturas de solo, observou que em relação aos tratamentos contendo inibidores de FS II (atrazina e amicarbazona) e divisão celular (S-metolaclo, trifluralina e pendimetalina), os efeitos na fitotoxicação e no desenvolvimento das plantas, em geral, são menores e variáveis dependendo das doses utilizadas, indicando que tais tratamentos podem apresentar maior possibilidade de uso em solos franco-argilosos. Os tratamentos contendo atrazina  $1000 \text{ g.ha}^{-1}$  e amicarbazona  $210 \text{ g.ha}^{-1}$ , apresentaram os melhores resultados para altura e índice SPAD entre todos os tratamentos herbicidas. Os efeitos na fitotoxicação e desenvolvimento das plantas são geralmente menores e dependendo das doses utilizadas, indicando que tais tratamentos podem apresentar maior possibilidade de uso solos de textura argilosas. Já em solos franco argiloso arenoso, nos tratamentos com atrazina, observam-se baixos níveis de fitointoxicação, com poucas injúrias causadas pelo herbicida, apresentando apenas um leve amarelecimento aos 28 DAE. O herbicida amicarbazona ( $280$  e  $210 \text{ g.ha}^{-1}$ ) causou os maiores níveis de injúrias, variando de 20 a 26% de fitointoxicação.

## **5 CONCLUSÃO**

O herbicida Atrazine na dose comercial foi seletiva à cultura. Já os herbicidas Tebutiuron e Amicarbazona não foram seletivos para a cultura do sorgo na dose comercial.

Até a dose de 50% do herbicida tebutiuron, o sorgo apresentou resposta positiva, acima dessa dose houve decréscimo no rendimento da biomassa do sorgo granífero. Já o herbicida amicarbazona não foi seletivo para o sorgo em nenhuma dose.

## 6 REFERÊNCIAS

- 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.
- ALMEIDA, F. S. et al. **Mecanismos de ação de herbicidas.** Revista Eletrônica de Farmácia, v. 15, n. 3, p. 89-101, 2018.
- ALMEIDA FILHO, J. E. et al. **Desempenho agrônômico e estabilidade fenotípica de híbridos de sorgo granífero.** R. Bras. Milho Sorgo, v. 9, n. 1, p. 51-64, 2010.
- ALVES, G.S. et al. **Efeito de herbicidas na produtividade de grãos de sorgo.** Revista Brasileira de Herbicidas, v. 18, n. 1, p. 29-35, 2019.
- ARALDI, R. **Avaliação da absorção do amicarbazona e intoxicação em cana-deaçúcar e plantas daninhas.** 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.
- AGROFIT. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários:** AGROFIT 2023. Disponível em: [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acessado em: 13 de março de 2023.
- BELLÉ, C.; KULCZYNSKI, S. M.; KASPARY, T. E.; KUHN, P. R. **Plantas daninhas como hospedeiras alternativas para *Meloidogyne incognita*.** Nematropica, v. 47, n. 1, p. 26-33, 2017.
- BARBOSA, L. S., et al. **"Efeito do Tebutiuron sobre o crescimento e o acúmulo de nutrientes em plantas de milho."** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, vol. 16, no. 2, 2017, pp. 285-294.
- BARROSO, G. L. et al. **Selectivity of herbicides applied on pre-emergence in sorghum crop.** African Journal of Agricultural Research, v. 14, n. 10, p. 520-525, 2019.
- BEHLING NETO, A.; REIS, R. H. P.; CABRAL, L. S.; ABREU, J. G.; SOUSA, D. P.; SOUSA, F. G. **Nutritional value of sorghum silage of different purposes.** Ciência e Agrotecnologia, [S.L.], v. 41, n. 3, p. 288-299, 2017.
- BRIGHENTI, A.M., NICODEMOS, L.C., CALSAVARA, L.H.F., MARTINS, C.E., ROCHA, W.S.D., & SOUZA SOBRINHO, F. **Seletividade de Herbicidas à Cultura do Sorgo.** In XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo (p.1092), Águas de Lindóia, SP, 2012.
- CAMPOS, T. S., SOUSA, A. G. V., JÚNIOR, J. S. R., SOUSA, W. S., BENETT, C. G. S., & ARRUDA, N. **Allelopathic effect of Sorghum bicolor and Digitaria insularis on**

- germination and initial development of canola.** Revista de Agricultura Neotropical, 7(4), 65-72, 2020.
- CARVALHO, S. J. P., et al. **Sorgo granífero: uma opção viável para produção de biocombustíveis e bioenergia.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 17(1), 96-107. 2018.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Análise mensal de mercado.** Boletim Informativo, v. 6, n. 1, p. 1-45, 2019.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, v. 9, safra 2021/22, n. 10 décimo levantamento, julho 2022.
- COELHO, A. M. **A implantação da cultura do sorgo.** Sistema de produção, 2 (6a ed). Embrapa Milho e Sorgo, 2010.
- CABRAL, P. H. R. et al. **Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em safrinha.** Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiás, v. 43, p. 308-314, 2013.
- COLBACH N. et al. **Simulating changes in cropping practices in conventional and glyphosate-resistant maize. II. Weed impacts on crop production and biodiversity.** Environ Sci Pollut Res Int. 2017.
- DAN, H. A. et al. **Tolerância do sorgo granífero ao 2,4-D aplicado em pós-emergência.** Planta Daninha, v. 28, n. 4, p. 785-792, 2010.
- DE MESQUITA, H. C. et al. **Eficácia e seletividade de herbicidas em cultivares de feijão-caupi.** Revista Brasileira de Herbicidas, v. 16, n. 1, p. 50-59, 2017.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons.** Ciencia e Agrotecnologia, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109–112, 2014.
- FERREIRA, J. H. S.; QUEIROZ, M. C. M.; SILVA, I. P. F.; MELO, C. A. D.; **Selection of indicative species of the presence of tebuthiuron in the soil.** Agrarian, Dourados, v. 14, n. 52, p. 203-212, 2021.
- FROMME, D. D.; DOTRAY, P. A.; GRICHAR, W. J.; FERNANDEZ, C. J. **Weed control and grain sorghum (Sorghum bicolor) tolerance to pyrasulfotole plus bromoxynil.** International Journal of Agronomy, Davis, v. 2012, p. 1-10, 2012.
- FAO, 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations "**Sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench)**" Publicado em: <https://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acessado em 04/02/2023.
- FURQUIM, L. T.; MONQUERO, P. A.; SILVA, R. P., **Efeito de herbicidas no crescimento inicial do sorgo sacarino**, Nativa, Sinop, v. 7, n. 1, p. 37-42, jan./fev. 2019.

- FERREIRA, R. P. et al. **Efeitos de doses crescentes de atrazina no milho**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 19, n. 3, p. 324-331, 2020.
- GÁMIZ, B. et al. **Changes in sorption and bioavailability of herbicides in soil amended with fresh and aged biochar**. Geoderma, v. 337, p. 341-349, 2019.
- GASKIN, R. E.; KIRKWOOD, R. C. **The effect of certain nonionic surfactants on the uptake and translocation of herbicides in bracken (Pteridium aquilinum [L.] Kuhn)**. Adjuvants and agrochemicals, v. 1, 2018.
- HESS, F. DAN. **Herbicide Absorption and Translocation and Their Relationship to Plant Tolerances and Susceptibility**. In: Weed physiology. CRC Press, 2017. p. 201-224
- HORN, D. et al. **Efeito de doses de tebutiuron no crescimento e na produção do algodoeiro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 21, n. 6, p. 399-404, 2017.
- HARRINGTON, KERRY C.; GHANIZADEH, HOSSEIN. **Herbicide application using wiper applicators-A review**. Crop Protection, v. 102, p. 56-62, 2017.
- LANDAU, E. C.; MOURA, L. **Evolução da produção de sorgo granífero**. Dinâmica da Produção Agropecuária e da Paisagem Natural no Brasil nas Últimas Décadas. EMBRAPA, Brasília – DF, v. 4, p. 1243 – 1270, 2020.
- LIMA, F. C. **POTENCIAL PRODUTIVO DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE SORGO**. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônoma, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2020.
- MACIEL, C.D.G.; HELVIG, E.O.; SILVA, A.A.P.; MATIAS, J.P.; SANTOS NETO, J.C.; KARAM, D. **Deposição da aplicação de herbicidas e fertilizante foliar no manejo de plantas daninhas na cultura do milho**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.18, n.3, p. 364-378, 2019.
- MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; SCHAFFERT, R. E. **Cultivo do Sorgo: sistemas de produção** Embrapa. 2. ed. Embrapa Milho e Sorgo, 2015.
- MAGALHÃES, K. S.; NEGRI, B. F.; SOUSA, S. M. **Análise morfológica do sistema radicular do painel de diversidade de milho da Embrapa Milho e Sorgo**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, nº64. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013.
- MONTEIRO, M. C. D. et al. **Avaliação do desempenho de sorgo forrageiro para o semiárido de Pernambuco**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 3, p. 52-61, 2004.
- MOURA, J. G. **Seletividade de herbicidas e avaliação agrônoma de sorgo sacarino no semiárido**. 62 p. Dissertação apresentada ao Programa de pós graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal de Alagoas, Ceará, 2017.

- MENEZES, C. B. de; COELHO, A. M.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MENDES, S. M.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; RODRIGUES, J. A. S. **É possível aumentar a produtividade de sorgo no Brasil?** In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018.
- MENEZES, C. B. de; TARDIN, F. D.; RODRIGUES, J. A. S. Cultivares. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed). **Cultivo do Sorgo**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015.
- MITCHELL, G. D. W.; BARTLETT, D. W.; FRASER, T. E, HAWKES, T. R.; HOLT, D. C; TOWNSON, J. K.; WICHERT, R. A. **Mesotrione: A new selective herbicide for use in maize**. Pest Management Science, v. 57, p. 120-128, 2011.
- MORAIS, R. B. G.; LYRA, G. B.; SANTOS, L. R.; CAVALCANTE JÚNIOR, C. A.; CARVALHO, A. L.; LYRA, G. B.; SOUZA, J. L. **Crescimento e produtividade de milho em diferentes épocas de plantio, nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 16, n. 1, p. 109-119, 2017.
- NEVES, R. M. et al. **Efeito de herbicidas sobre a produtividade do trigo**. Revista Brasileira de Herbicidas, v. 19, n. 2, p. 208-216, 2020.
- OLIVEIRA, M. F. de; KARAM, D. **Manejo de plantas daninhas**. In: PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. cap. 9, p. 141-154. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- OLIVEIRA, NETO et al. **Selectivity of herbicide fomesafen alone or in association with diuron, trifluralin and prometryn for cotton cultivars**. Revista de Ciências Agroveterinárias, v. 17, n. 2, p. 158-165, 2018.
- OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. **Controle de Plantas Daninhas: métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia**. Embrapa Milho e Sorgo, 2018.
- PINTO, J. J. O.; NOLDIN, J. A.; PINHO, C.F.; ROSSI, F.; GALON, F.; ALMEIDA, G. F., **Atividade residual de (imazethapyr+imazapic) para sorgo granífero (Sorghum bicolor) semeado em rotação com o arroz irrigado**, planta daninha 27 (spe), 2009.
- PAPORISCH, AMIT; RUBIN, BARUCH. **Isoxadifen safening mechanism in sweet corn genotypes with differential response to P450-metabolized herbicides**. Pesticide biochemistry and physiology, v. 138, p. 22-28, 2017.
- RIBAS, P. M. **Origem e importância econômica**. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. **Sorgo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2014, p. 9-36.
- RIBEIRO, V. Q., LACERDA, R. D., SANTOS, J. B., & CRUZ, J. C. **Amicarbazone application affects sorghum yield, quality and lignocellulosic biomass**. Planta Daninha, 37, 2019.

- RODRIGUES, J. A. S. **Cultivo do sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, 2019.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. Editora UEL, Londrina, 697 p., 2011.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 7. ed. Londrina - IAPAR, 2018. 764 p.
- SANTOS, M. B., **DESEMPENHO AGRONÔMICO INICIAL DE SORGO GRANÍFERO [Sorghum bicolor (L.) Moench] NO CARIRI PARAIBANO**. 43p. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, Mato Grosso do Sul, 2020.
- SANTOS, F. D., CASELA, C. R., & WAQUIL, J. M. **Melhoramento de sorgo**. In **BORÉM A. (org)**. Melhoramento de espécies cultivadas, 2 (2a ed.). (pp. 605-658). Viçosa: UFV, 2005.
- SANTOS, D. P.; BRAGA, R. R.; GUIMARÃES, F. A. R.; PASSOS, A. B. R. J.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B.; NERY, M. C. **Determinação de espécies bioindicadoras de resíduos de herbicidas auxínicos**. Rev. Ceres vol.60 no.3 Viçosa May/June, 2013.
- SILVA, R.M.; YAMASHITA, O.M.; CARVALHO, M.A.C.; MEURER, L.; REALTO, G.B.; RIBAS, C.; FRANCESCHET, V.L.; SILVA, J.A.N.; OLIVEIRA, M.A., PEREIRA, R.A.; SILVA, C.J.; SILVA, C.A.H.; **Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em pastagem degradada submetida a diferentes sistemas de recuperação**. Cultivando o Saber, 6:152-161. 2013
- SILVA, R. F. et al. **Seletividade do herbicida tebutiuron em sorgo granífero cultivado em dois solos**. Planta Daninha, v. 31, n. 2, p. 321-329, 2013.
- SILVA, D. D. et al. **Efeitos da atrazina em diferentes doses na fisiologia e na produtividade do sorgo biomassa**. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 37, n. 1, p. 21-27, 2015.
- SILVA, L. F. et al. **Efeitos de doses crescentes de amicarbazona na soja**. Revista Brasileira de Herbicidas, v. 18, n. 1, p. 50-57, 2019.
- SILVA, D. A.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; ALVES, J. M. A.; ROCHA, P. R. R.; MEDEIROS, R. D. de; FINOTO, E. L.; MENEZES, P. H. S. de. **Caracterização de plantas daninhas em área rotacionada de milho e feijão-caupi em plantio direto**. Scientia Agropecuaria, Trijillo, v. 9, n. 1,p. 7-15, 2018.
- SILVA, J. R. V.; MARTINS, C. C.; SILVA JÚNIOR, A. C.; MARTINS, D. **Fluxofenim em sementes de sorgo como protetor ao herbicida S-metolachlor**. Bioscience Journal, v. 30, n. 1, p. 158-167, 2014.

- SILVA, A. F.; D'ANTONINO, L.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. **Manejo de plantas daninhas**. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. *Sorgo: do plantio à colheita*. Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 188-206.
- SILVA, A. F. et al. **Comportamento ambiental do herbicida Tebutiuron em diferentes solos tropicais**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24(6), 435-441. 2020.
- SOUZA, A. L. et al. **Efeitos da atrazina no crescimento e no acúmulo de nitrogênio em plantas de sorgo sacarino**. *Planta Daninha*, v. 35, 2017.
- SOUZA, E. D. et al. **Desempenho agrônômico do sorgo granífero submetido à aplicação de herbicidas**. *Planta Daninha*, v. 36, e018174455, 2018.
- SODRÉ FILHO, J. **Consórcio sorgo granífero-braquiária: fitomassa, dinâmica de plantas daninhas e rendimento da soja em sucessão**. 2013. 188 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013.
- SOMERVILLE, GAYLE J. et al. **How do spatial heterogeneity and dispersal in weed population models affect predictions of herbicide resistance evolution**. *Ecological Modelling*, v. 362, p. 37-53, 2017.
- TAKADA, E. I. **Efeito de doses do herbicida Diuron sobre a germinação da semente de sorgo granífero**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Tecnologia em Biocombustíveis) -Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, 2012.
- TARDIN, F. D. et al. **Avaliação agrônômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas*, v.12, n.2, p. 102-117, 2013.
- TABOSA, J. N. et al. **Importância do melhoramento genético de diferentes tipos de sorgo para as mesorregiões do Agreste , Sertão e afins do Semiárido Brasileiro**. XIMENES, Luciano Feijão *Tecnologias de Convivência com o Semiárido Brasileiro*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. p. 1138.
- TROPALDI, LEANDRO et al. **Detecção da tolerância de diferentes espécies de capim-colchão a herbicidas inibidores do fotossistema II utilizando a técnica da fluorescência**. *Ciência Rural*, v. 45, n. 5, p. 767-773, 2015.
- UNITED STATE DEPARTMANT OF AGRICULTURE (USDA). <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=0459200>. Acessado: 24/12/2022.
- VON PINHO, R. G.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O. Botânica In: BOREM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. C. (eds). **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, p. 37-57, 2014.

VERCAMPT, H., KOLEVA, L., VASSILEV, A., VANGRONSVELD, J., CUYPERS, A.,  
**Short term phytotoxicity in Brassica Napus (L.) in response to pre-emergently applied  
metazachlor: a microcosm study.** Environ. Toxicol. Chem. 36 (1), 59 e 70, 2017.