

UniRV- UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

**DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DO SORGO: IMPACTOS DO
GLIFOSATO NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE SEMENTES**

NATHAN REZENDE BLAT
Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS – BRASIL
2025

NATHAN REZENDE BLAT

**DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DO SORGO: IMPACTOS DO GLIFOSATO NA
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE SEMENTES**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL**

2025

Universidade de Rio Verde
Biblioteca Luiza Carlinda de Oliveira
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – (CIP)

Blat, Nathan Rezende

Dessecação pré-colheita do sorgo: impactos do glifosato na produtividade e qualidade de sementes. / Nathan Rezende Blat - 2025.
48 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza.

Dissertação (Mestrado) — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2025.

Inclui lista de figuras

1. Herbicida. 2. Qualidade fisiológica das sementes. 3. Estádio fenológico. I. Souza, Matheus de Freitas. II. Título.

CDD:

Bibliotecário: Juatan Tiago da Silva – CRB 1/3158

NATHAN REZENDE BLAT


**DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DO SORGO: IMPACTOS DO GLIFOSATO NA
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE SEMENTES**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.


APROVAÇÃO: 29 de julho de 2025

Documento assinado digitalmente
 **MATHEUS DE FREITAS SOUZA**
Data: 29/07/2025 13:25:22-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza
Presidente da Banca Examinadora
Membro – PPGPV/UniRV

Documento assinado digitalmente
 **HAMURABI ANIZIO LINS**
Data: 29/07/2025 13:48:37-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Hamurábi Anizio Lins
Membro Externo - IFGoiano

Documento assinado digitalmente
 **GUILHERME BRAGA PEREIRA BRAZ**
Data: 05/08/2025 15:42:27-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz
Membro – FA/UniRV

DEDICATÓRIA

A Deus, ao meu pai Valdecir Blat, a minha mãe Luciene Moureira Rezende Blat e a minha irmã Natali Rezende Blat.

EPÍGRAFE

“Por isso eu afirmo a vocês: quando vocês orarem e pedirem alguma coisa, creiam que já a receberam, e assim tudo lhes será dado.” *Marcos 11:24 NTLH*

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre esteve presente em meus dias e me concedeu forças para realizar tudo o que precisava, para chegar até o momento de agora.

Aos meus pais: Valdecir Blat e minha mãe Luciene Moreira Rezende Blat, por acreditarem em meu potencial e ofertarem todo o apoio possível para realizar meu sonho.

A minha irmã Natali Rezende Blat, que sempre me apoiou e me fazia rir em momentos difíceis.

A UniRV (Universidade De Rio Verde), por ter me passado um ótimo ensino, pelas oportunidades oferecidas, que contribuíram para a minha formação.

Ao meu orientador Professor Dr. Matheus de Freitas Souza, por seu apoio e por me transmitir seus conhecimentos, com muita gentileza e atenção.

Ao Professor Dr. Guilherme Braga Pereira Braz, que aceitou o convite para participar da minha banca e que também por seu apoio.

Ao Pesquisador Dr. Fellipe Goulart Machado, que me aceitou no curto período, em que estive na estação de pesquisa, me transmitindo muitos ensinamentos e por fazer parte da minha banca.

Aos meus amigos, que sempre estiveram comigo e que de certa forma participaram desta trajetória.

Ao meu amigo João Guilherme, que foi uma das pessoas que de longe mais me ajudou no período do mestrado, sou muito grato por sua amizade!

Aos meus amigos: Thiago e Neles, que sempre fizeram parte deste momento, mesmo de longe, me apoiando.

Ao meu amigo Neto, que esteve comigo, ao longo da faculdade.

BIOGRAFIA

Nathan Rezende Blat, filho de Valdecir Blat e Luciene Moreira Rezende Blat, nascido no município de Chapadão de Sul, Mato Grosso do Sul, cidade em que cresceu e foi criado.

Em 2019, iniciou o curso de agronomia, no mês fevereiro, na UniRV (Universidade de Rio Verde), durante o curso fez estágio no laboratório de sementes, da instituição e depois estagiou, na empresa Pantanal Agrícola.

Em 2022, entrou para o Programa Institucional de Iniciação Científica da Universidade de Rio Verde, momento em que realizou seu Trabalho de Conclusão de Curso, finalizando a faculdade de Agronomia.

Em 2023, deu início ao mestrado, com o Orientador Professor Dr. Matheus de Freitas Souza e conseguiu uma bolsa de pesquisa, esta dedicada aos projetos com a Universidade de Rio Verde.

Assim, em 2025, realizou o seu trabalho de defesa sobre manejo de plantas daninhas, em parceria com a Cooperativa COMIGO e com a CentroAgro Pesquisa no Cerrado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A cultura do sorgo.....	3
2.2 A dessecação pré-colheita: definição, importância e desafios ligados a essa prática	4
2.3 Glifosato.....	5
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3.1 Local de condução dos experimentos.....	6
3.2 Semeadura e tratos culturais durante a condução dos experimentos.....	8
3.3 Desenho experimental e aplicação dos tratamentos.....	8
3.4 Variáveis analisadas.....	9
3.5 Análise estatística.....	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
4.1 Eficácia do glifosato para dessecação pré-colheita.....	12
4.2 Efeito da dessecação pré-colheita sobre os componentes de produtividade.....	14
4.3 Efeitos da dessecação pré-colheita sobre qualidade de sementes.....	21
5 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Temperaturas máxima e mínima e precipitações observadas durante o período de condução dos experimentos. Rio Verde (GO), 2023.....	7
FIGURA 2	Porcentagem de controle de plantas de sorgo 5 (A), 7 (B) e 10 (C) dias após aplicação de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha ⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), em diferentes e em duas localidades (CentroAgro – esquerda e comigo – direito). (-) Análise de Variância não-significativa para os fatores pelo teste F p-valor ≤ 0,05.....	13
FIGURA 3	Estande de plantas de sorgo 60 dias após, aplicação de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha ⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B). (-) Análise de Variância não-significativa para os fatores pelo teste F p-valor ≤ 0,05.....	15
FIGURA 4	Peso de mil grãos (g) em tratamentos submetidos a dessecação pré-colheita de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha ⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B). (-) Análise de Variância não-significativa para os fatores pelo teste F p-valor ≤ 0,05.....	16
FIGURA 5	Umidade de grãos de sorgo (%) após a colheita em tratamentos submetidos à dessecação pré-colheita de glifosato, em duas doses (720 e 960 g i.a. ha ⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B)..	17
FIGURA 6	Produtividade de grãos de sorgo (kg ha ⁻¹) após a colheita em tratamentos submetidos a dessecação pré-colheita de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha ⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B)..	21

FIGURA 7	Germinação de sementes de sorgo, durante a primeira contagem (%) em tratamentos submetidos a dessecação pré-colheita de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha ⁻¹), com grãos de sorgo, em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B).....	23
FIGURA 8	Germinação final de sementes de sorgo (%) em tratamentos submetidos a dessecação pré-colheita de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha ⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B).....	24
FIGURA 9	Número de sementes de sorgo mortas em tratamentos submetidos a dessecação pré-colheita de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha ⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B).....	26
FIGURA 10	Número de plantas de sorgo anormais em tratamentos submetidos a dessecação pré-colheita de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha ⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B).....	27
FIGURA 11	Condutividade elétrica (μS cm ⁻¹ g ⁻¹) de plantas de sorgo anormais em tratamentos submetidos a dessecação pré-colheita de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha ⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B).....	29

RESUMO

BLAT, N. R. Mestrado, UniRV – Universidade de Rio Verde, julho de 2025. **Dessecação pré-colheita do sorgo: impactos do glifosato na produtividade e qualidade de sementes.** Orientador: Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza.

A dessecação pré-colheita com glifosato é uma prática amplamente utilizada para acelerar a maturação e uniformizar a colheita, especialmente, em culturas como o sorgo. No entanto, sua eficácia e impactos podem variar conforme: a dose, o estágio fenológico, no momento da aplicação e as condições ambientais. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da dessecação com glifosato, sobre: a eficiência do processo, produtividade e qualidade fisiológica das sementes de sorgo. A hipótese central era que a aplicação do herbicida em estágios próximos à maturidade fisiológica minimizaria impactos negativos na produtividade e qualidade das sementes. Os resultados demonstraram que o glifosato proporcionou controle eficiente da dessecação, atingindo 90% de controle aos 7 dias após a aplicação e 100% aos 10 dias, independentemente da dose utilizada. A umidade dos grãos foi reduzida significativamente na região Comigo, especialmente quando o herbicida foi aplicado em grãos, com umidade inicial de 22%. Entretanto, na região CentroAgro, esse efeito sobre a redução da umidade de grãos, durante a colheita não foi observado, independente da dose ou nível de umidade escolhido para realização da dessecação. A produtividade do sorgo não foi afetada, na maioria dos tratamentos, exceto na região CentroAgro, local em que a aplicação em grãos, com 22% de umidade reduziu a produção. A germinação das sementes não sofreu alterações significativas, mas um aumento no número de plântulas anormais e sementes mortas foi observado em alguns tratamentos, sugerindo que aplicações precoces podem comprometer a qualidade fisiológica das sementes. Os resultados indicam que a dessecação pré-colheita do sorgo pode ser uma ferramenta eficaz para reduzir a umidade dos grãos e melhorar a colheita mecanizada, mas sua eficácia depende das condições ambientais. Além disso, futuros trabalhos avaliando a presença de resíduos de glifosato nos grãos devem ocorrer, para assegurar que essa prática não resulte em contaminação por esse herbicida e comprometa a saúde animal e humana.

Palavras-chave: Herbicida. Qualidade fisiológica das sementes. Estádio fenológico.

ABSTRACT

BLAT, N. R. Master's degree, UniRV – University of Rio Verde, June 2025. **Pre-harvest desiccation of sorghum: impacts of glyphosate on productivity and seed quality**. Advisor: Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza.

Pre-harvest desiccation with glyphosate is a widely adopted practice to accelerate crop maturation and ensure uniform harvesting, particularly in crops such as sorghum. However, its effectiveness and impacts may vary depending on the application rate, phenological stage at the time of application, and environmental conditions. This study aimed to evaluate the effects of glyphosate desiccation on process efficiency, yield, and the physiological quality of sorghum seeds. The central hypothesis was that herbicide application at stages close to physiological maturity would minimize negative impacts on yield and seed quality. The results showed that glyphosate provided effective desiccation control, reaching 90% at 7 days after application and 100% at 10 days, regardless of the rate used. Grain moisture was significantly reduced in the Comigo region, especially when the herbicide was applied at an initial grain moisture of 22%. However, in the CentroAgro region, this effect on grain moisture reduction at harvest was not observed, regardless of the dose or initial grain moisture chosen for desiccation. Sorghum yield was not affected in most treatments, except in the CentroAgro region, where application at 22% grain moisture reduced production. Seed germination was not significantly altered, but an increase in the number of abnormal seedlings and dead seeds was observed in some treatments, suggesting that early applications may compromise seed physiological quality. The results indicate that pre-harvest desiccation in sorghum can be an effective tool to reduce grain moisture and improve mechanized harvesting, but its effectiveness depends on environmental conditions. Furthermore, future studies evaluating the presence of glyphosate residues in grains should be conducted to ensure that this practice does not result in contamination by this herbicide and compromise animal and human health.

Keywords: Herbicide. Desiccation. Physiological seed quality. Fenologia stage.

1 INTRODUÇÃO

O sorgo tem se consolidado como uma cultura estratégica no Centro-Oeste goiano, destacando-se pela resistência à seca e adaptabilidade a condições climáticas adversas. Estimativas da Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Goiás indicam que, na safra 2023/24, a área plantada com sorgo em Goiás alcançou 428,2 mil hectares, o que representa um crescimento de 11,3% em relação à safra anterior. Nas últimas 10 safras, houve um aumento significativo de 107% na área plantada e de 100% na produção de sorgo no estado.

Com isso, Goiás se tornou o principal produtor de sorgo do Brasil, o aumento na área cultivada com o sorgo tem ocorrido devido a sua maior rusticidade, a cultivar foi priorizada especialmente, em regiões em que a chuva prevista não é suficiente, para a cultura do milho durante a safrinha, sendo uma excelente alternativa para períodos de seca.

Entre as características inerentes a cultura do sorgo, a capacidade de rebrota é uma característica marcante da cultura, especialmente quando não ocorre uma dessecação eficaz antes da colheita. Plantas de sorgo mal desseçadas ou desseçadas tardiamente podem rebrotar, produzindo compostos alelopáticos, como o sorgoleone, que potencialmente interferem no desenvolvimento de culturas subsequentes, como a soja. Mesmo que resultados de um estudo tenham indicado que a época de dessecação do sorgo não afeta significativamente o rendimento da soja semeada em sucessão (Pereira et al., 2022), é plenamente reconhecido que o sorgo é uma espécie altamente alelopática (Hussain et al., 2021), demonstrado esse efeito para várias espécies vegetais (Chang et al., 2024; Shahzad et al., 2021; Kremer et al., 2021; Scavo et al., 2021).

Diante desse cenário, a dessecação pré-colheita do sorgo pode reduzir o risco de efeito alelopático, uma vez que o intervalo entre a liberação do aleloquímico no solo e o plantio da soja seria maior. Além disso, uma vez que as plantas de sorgo possuem maior área foliar para absorção do herbicida, a dessecação dessa planta pode alcançar melhor eficácia, quando comparado a dessecações após a colheita da cultura. Outro benefício obtido pela dessecação pré-colheita é acelerar a colheita e uniformizar a umidade dos grãos, como já observado para diversas culturas, incluindo trigo e soja (Jaskulski & Jaskulska, 2011; Perboni et al., 2018). Essa prática tem maior importância em campos de produção de sementes, pois a colheita em condições ideais de umidade contribui para a manutenção da qualidade fisiológica das sementes, aumentando a probabilidade do estabelecimento de plântulas vigorosas no campo (Coelho et al., 2024).

As sementes de sorgo podem alcançar a maturidade fisiológica e ainda apresentarem folhas e colmos verdes, causando problemas mecânicos, como: o embuchamento das colhedoras, reduzindo a eficiência operacional e aumentando os custos de colheita (Assis et al., 2019; Rahman et al., 2004). A presença de folhas e colmos verdes após a maturidade fisiológica das sementes também pode desacelerar a perda de umidade das sementes. Consequentemente, as sementes colhidas sob alta umidade requerem secagem artificial, o que eleva os custos pós-colheita e pode comprometer sua qualidade devido à rápida deterioração causada pela atividade metabólica e microbiológica intensa nesse estado (Perboni et al., 2018).

Dentre os potenciais herbicidas usados para dessecação pré-colheita, o glifosato tem sido aplicado nesse contexto para reduzir a umidade dos grãos e facilitar a mecanização da colheita. No entanto, sua aplicação pode impactar diretamente características fisiológicas e produtivas das culturas, afetando desde a produtividade, até a qualidade das sementes (Perboni et al., 2018; Jaskulski & Jaskulska, 2011; Bovey et al., 1975).

Estudos demonstram que, a aplicação de glifosato como dessecante pode resultar em reduções significativas na umidade dos grãos, em um curto período, tornando a colheita mais eficiente. Em trigo, por exemplo, a dessecação pré-colheita reduziu a umidade dos grãos para níveis inferiores a 13% em até sete dias após a aplicação (Perboni et al., 2018; Jaskulski & Jaskulska, 2014). Resultados semelhantes foram observados em milho, onde o glifosato promoveu a redistribuição de carboidratos não estruturais para os grãos, acelerando a maturação sem comprometer a produtividade (Zhao et al., 2020). No entanto, os efeitos do herbicida variam de acordo com a dose, o estágio fenológico no momento da aplicação e as condições ambientais (Perboni et al., 2018).

Além da eficiência no manejo da colheita, a dessecação química pode afetar a qualidade fisiológica das sementes. Algumas pesquisas indicam que aplicações tardias de glifosato minimizam os impactos negativos, sobre a germinação e o vigor das sementes, uma vez que a translocação do herbicida para os grãos é reduzida (Toledo et al., 2014). No entanto, aplicações em estágios iniciais podem comprometer a formação das sementes e resultar em anormalidades nas plântulas, conforme observado em estudos com trigo e soja (Jaskulski & Jaskulska, 2014). O acúmulo de resíduos de herbicidas nas sementes também é uma preocupação, visto que pode afetar sua viabilidade e desempenho em plantios subsequentes (Coelho et al., 2024). Dada a relevância da dessecação pré-colheita, para a produção agrícola, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de glifosato, em diferentes doses e níveis de umidade do grão, sobre a eficiência: da dessecação, produtividade e qualidade fisiológica, das sementes de sorgo.

A hipótese central é que a aplicação do herbicida em estágios próximos à maturidade fisiológica minimiza impactos negativos na produtividade e qualidade das sementes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é uma cultura de grande importância para a agricultura brasileira, sendo amplamente utilizado para: produção de grãos, forragem e biomassa. A cultura do sorgo tem despontado como a principal opção para maiores riscos para outras culturas, por exemplo, o milho. O avanço da agricultura no Cerrado, com seus diversos sistemas de produção, continua ampliando as possibilidades para os diferentes tipos de sorgo (Almeida et al., 2015; Menezes, 2020). O sorgo é o quinto cereal mais plantado no globo, após o trigo, o arroz, o milho e a cevada, sendo cultivado em regiões tropicais e semiáridas (FAO, 2019).

O grande desafio enfrentado pela agricultura de sequeiro é a instabilidade climática. O cultivo do milho em segunda safra deixa a cultura ainda mais vulnerável, sendo impactada negativamente, pelo atraso do plantio da safra antecedente e pela antecipação do final do período chuvoso. Perdas relevantes também ocorreram nas safras de milho 2015/16, 2017/18, 2020/21 e na safra 2023/24. Isso sem levar em consideração as perdas regionais, que são compensadas pela produção, em regiões menos afetadas.

Quando se compara milho e sorgo, este se destaca como a cultura mais tolerante à seca. Essa característica é resultado de uma combinação de fatores: morfológicos, fisiológicos e bioquímicos. Para produzir 1 kg de matéria seca, o sorgo necessita de 271 kg de água, enquanto o milho exige 372 kg. Essa diferença pode parecer pequena, mas em grandes áreas de cultivo e em condições de escassez hídrica, essa economia de água pode ser significativa.

Em termos mercadológicos, o cultivo de sorgo granífero, em sucessão às culturas de verão, principalmente a soja, na chamada segunda safra, tem contribuído para a oferta sustentável de grãos de baixo custo para a agroindústria de rações, permitido o cultivo deste grão em épocas mais tardias, em que o volume de chuvas esperado não é suficiente para o cultivo do milho (Landau; Netto, 2015; Menezes et al., 2018).

O sorgo tem se tornado nos últimos cinco anos uma cultura extremamente interessante no Brasil. Primeiro porque ele é mais tolerante a seca que outros cereais, apresentando

adaptabilidade a cultivo em segunda safra. Ademais, a cultura do sorgo possui um grande fornecimento de palhada, que é interessante para o plantio direto. O custo de produção também é um fator decisivo na escolha entre milho e sorgo. Enquanto o milho exige maior investimento em insumos e manejo, o sorgo se destaca pelo menor custo e maior tolerância ao estresse hídrico, sendo uma alternativa viável em cenários de menor rentabilidade ou risco climático elevado.

2.2 A dessecação pré-colheita: definição, importância e desafios ligados a essa prática

Em diversas regiões produtoras do país, o plantio começa em outubro, com a colheita iniciando em fevereiro. Nos estados em que ocorrem duas safras, a dessecação pré-colheita é aplicada para acelerar as atividades no campo, permitindo a preparação mais rápida para o cultivo subsequente. Essa técnica envolve a aplicação de herbicidas para promover a rápida secagem das plantas, visando melhorar a uniformidade de maturação das sementes e, consequentemente, antecipar a colheita (Pereira et al., 2015).

A aplicação de herbicidas em pré-colheita pode prejudicar a qualidade fisiológica das sementes. Diversos trabalhos na literatura alertaram para este cuidado nas culturas da soja (Jaskulski & Jaskulski, 2014), arroz (He et al., 2015), feijão (Pereira et al., 2015) e trigo (Goffnett et al., 2016). No caso do sorgo granífero, a preocupação é ainda maior porque os grãos estão expostos na panícula e não há produtos registrados para esta finalidade.

Usar dessecante na cultura é para ajudar o processo natural da planta (maturidade fisiológica) acontecer de forma mais rápida. O uso de dessecantes para a antecipação da colheita de sementes é uma prática comum em diversas culturas como: feijão (Goffnett et al., 2016), soja (Bezerra et al., 2016), trigo (Krenchinski et al., 2017), arroz (He et al., 2015), canola (Zhang & Van Vekdhuizen, 2016) e mamona (Costa et al., 2018). Geralmente os herbicidas usados para prática da dessecação são aqueles classificados como “de contato”, tais como diquat e glufosinato. No entanto, alguns estudos avaliaram a eficácia glifosato para dessecação pré-colheita, para áreas destinadas a produção de grãos, mostrando certo potencial para uso.

Especificamente no caso do sorgo, na maturidade fisiológica as sementes apresentam cerca de 23% de umidade e as plantas permanecem verde (*stay green*), inviabilizando a colheita. Logo, esses fatores precisam ser otimizados, pois esse tempo em que as sementes ficam expostas no campo pode ocasionar perdas de rendimento e/ou qualidade decorrente do ataque de: patógenos, pragas e pássaros, além da degradação natural. Neste sentido, a colheita envolve uma combinação de fatores como: maturação fisiológica da semente, umidade e mecanização.

Em contrapartida, os resíduos vegetais de algumas espécies podem afetar o desenvolvimento de outras em sucessão, limitando o seu crescimento (Oliveira et al., 2014). Vale ressaltar que a alelopatia é a capacidade de um organismo produzir metabólitos que atuam inibindo ou estimulando o crescimento ou o desenvolvimento de outros organismos (GOLISZ et al., 2008; UDDIN et al., 2010). Algumas espécies do gênero *Sorghum*, como *S. bicolor*, *S. sudanense*, *S. halepense* e *S. vulgare*, possuem considerável alelopatia de sorgo-sacarino na soja cultivada, em sucessão potencial alelopático, sendo o seu cultivo um método eficiente para o controle de algumas plantas daninhas (Santos et al., 2012; Recalde et al., 2015; Oliveira et al., 2015). Segundo Olibone et al. (2006), há indícios de que o estabelecimento e o desenvolvimento inicial da soja são prejudicados pelos compostos alelopáticos liberados pela decomposição da palha do sorgo, como tanino, alguns ácidos orgânicos e graxos, entre outros.

O sorgo produz um complexo de proteínas e substâncias lipídicas denominadas genericamente de sorgoleone, tendo como seu principal composto o 2-hidroxi-5-metoxi-3-[(Z,Z)-8',11',14'-pentadecatrieno]-pbenzoquinona, que é naturalmente liberado para o solo a partir dos tricomas das suas raízes (Santos et al., 2012), sendo um dos aleloquímicos com maior embasamento na literatura (Uddin et al., 2010; Dayan et al., 2009).

2.3 Glifosato

Outro herbicida com potencial para a dessecação pré-colheita é o glifosato, um herbicida sistêmico e não seletivo, pertencente ao grupo químico dos glicina. Seu mecanismo de ação ocorre por meio da inibição da enzima EPSPs (5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase), molécula que foi testada no trabalho. Os sintomas incluem amarelecimento dos meristemas, folhas e colmo, que progridem para necrose. As plantas tratadas morrem lentamente, de sete a quatorze dias após a aplicação dependendo da sensibilidade da espécie e da dosagem (Sherwani et al., 2015).

A enzima EPSPs está envolvida na síntese de aminoácidos aromáticos (tirosina, triptofano e fenilalanina). Esses aminoácidos são precursores de compostos que têm inúmeras funções essenciais nas plantas (Stephenson et al., 2006). Os herbicidas inibidores da enzima EPSPs são prontamente absorvidos pela folhagem das plantas e translocados no floema para os drenos metabólicos (órgãos de armazenamento, gemas) (Peterson et al., 2001). O bloqueio da síntese de EPSP, nessa via, resulta no acúmulo de shikimato na planta e em uma perda de aminoácidos aromáticos necessários para produção de proteínas essenciais para o crescimento

de plantas. Essas proteínas formam outros compostos essenciais, tais como hormônios e flavonoides (Ross; Childs, 1996).

O glifosato é, portanto, um herbicida não seletivo pós-emergente, que não pode ser usado como pré-emergente, pois sofre forte adsorção às partículas do solo e, dessa forma, não age nas plantas (Ross; Childs, 1996). A absorção do herbicida é dificultada se as plantas estiverem cobertas de poeira, pois ocorrerá alta adsorção das moléculas do herbicida às partículas, dificultando o contato com a cutícula foliar. Esse herbicida é absorvido lentamente, pela folhagem das plantas daninhas, sendo necessário um período de 6 horas sem chuvas, após aplicação para controle adequado (Vidal, 1997).

A planta de sorgo se adapta a vários ambientes, principalmente, sob condições de deficiência hídrica, desfavoráveis à maioria de outros cereais. Essa característica permite que a cultura seja apta para se desenvolver e se expandir, em regiões de cultivo, com distribuição irregular de chuvas e em sucessão a culturas de verão (Santos et al., 1996).

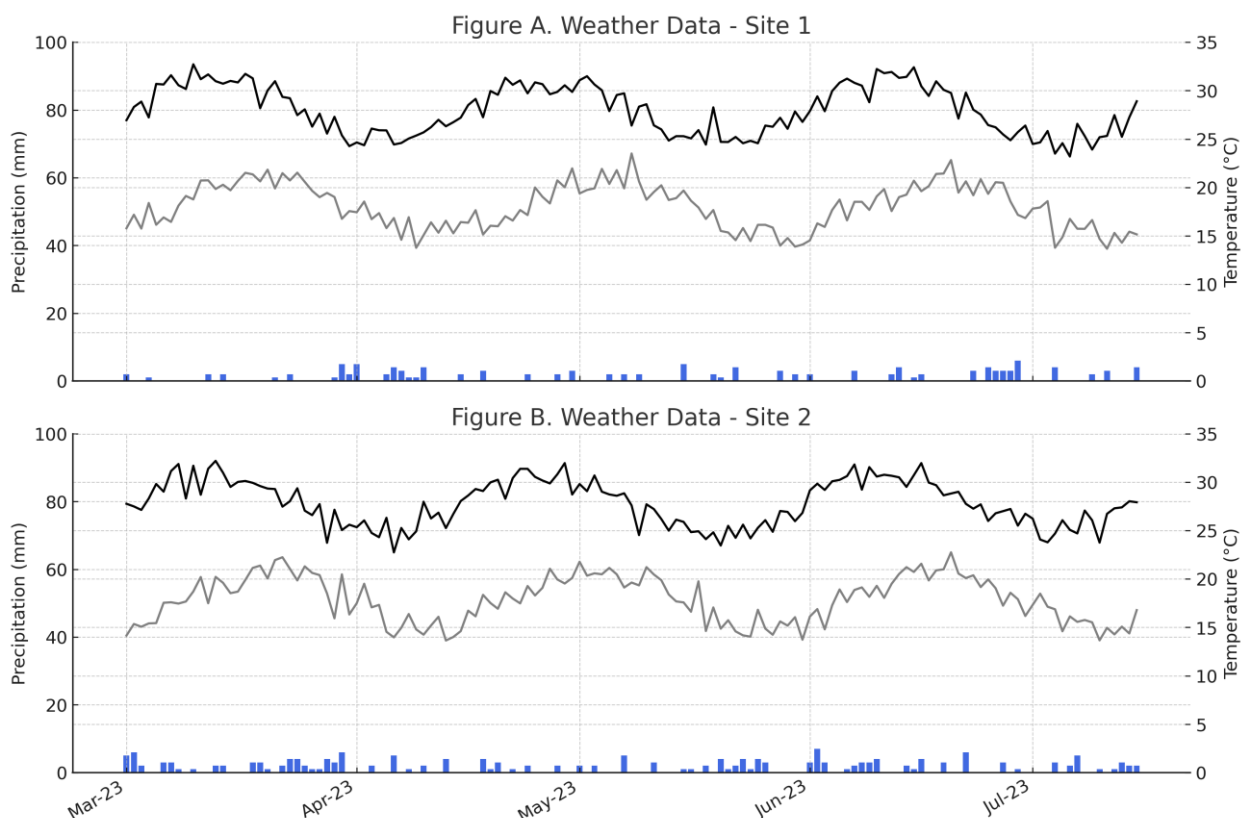
Esse fato é relacionado com a grande quantidade de características xerofíticas presentes na planta, que torna essa espécie tolerante à seca, contudo, apresentando diferenças consideráveis entre os genótipos (Bibi et al., 2010). Três fatores ambientais: água, luz e temperatura, têm grande efeito no crescimento do sorgo (Jiang et al., 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de condução dos experimentos

Dois experimentos foram conduzidos em locais distintos. Um localizado na área experimental do Centro Tecnológico COMIGO (S 17°45'42" O 51°02'09", altitude de 827 m). O segundo experimento foi conduzido na área experimental da estação CentroAgro Pesquisa no Cerrado (S 17° 44' 54" e O 50° 51' 13", à 708 metros de altitude). A semeadura dos experimentos ocorreu em 14/03/2023. O clima das regiões de condução dos experimentos é classificado como B4 rB'4a', o caracterizado como úmido, com distribuição de chuvas regulares, mesotérmico e evapotranspiração no verão menor que 48% da evapotranspiração anual (Thorntwaite, 1948). Os dados climatológicos relacionados a temperatura máxima e mínima do ar e precipitações durante o período de condução dos experimentos estão apresentados na Figura 1. O volume de precipitação acumulado durante o ciclo do sorgo, para

o experimento conduzido no CTC Comigo e CentroAgro Pesquisa no Cerrado foi igual a 198 e 175 mm, respectivamente, havendo maiores concentrações de chuvas durante os primeiros meses de implantação dos experimentos.



Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Estação de coleta: Rio Verde (GO).

FIGURA 1 - Temperaturas máxima e mínima e precipitações observadas durante o período de condução dos experimentos. Rio Verde (GO), 2023.

A área em que os experimentos foram instalados haviam sido cultivadas com soja na safra de verão. O solo de ambas as áreas experimentais foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (SANTOS et al., 2018). Antes da semeadura da soja nas áreas experimentais, foi realizada a análise de amostras do solo coletadas na profundidade de 0 a 20 cm, a qual revelou as seguintes propriedades físico-químicas para o solo do CTC Comigo: pH em CaCl_2 de 5,11; $3,19 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$; $2,11 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca^{+2} ; $0,55 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg^{+2} ; $104,39 \text{ mg dm}^{-3}$ de K; $9,31 \text{ mg dm}^{-3}$ de P; $25,60 \text{ g dm}^{-3}$ de M.O.; 37,62% de areia; 6,96% de silte e 55,42% de argila; e para CentroAgro Pesquisa no Cerrado: pH em CaCl_2 de 5,36; $2,51 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$; $3,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca^{+2} ; $0,83 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg^{+2} ; $130,74 \text{ mg dm}^{-3}$ de K; $17,02 \text{ mg dm}^{-3}$ de P; $25,30 \text{ g dm}^{-3}$ de M.O.; 52,03% de areia; 9,00% de silte e 38,97% de argila.

3.2 Semeadura e tratos culturais durante a condução dos experimentos

Para eliminar as plantas daninhas emergidas nas áreas experimentais, imediatamente após a semeadura de cada experimento foi realizada aplicação da mistura entre os herbicidas glifosato ($1400 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) + atrazina ($1000 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) + Iharol Gold® ($300 \text{ mL p.c. ha}^{-1}$). Em ambos os experimentos, a semeadura direta foi realizada de forma mecanizada, adotando-se espaçamento entrelinhas de $0,5 \text{ m}$ e densidade de $10,5$ sementes por m . O híbrido escolhido foi o G100 para ambos experimentos. As sementes foram tratadas com o inseticida CropStar ($1,0 \text{ L p.c. } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes). A adubação de semeadura foi realizada com 400 kg ha^{-1} do formulado 15-15-15. Ademais, no momento da semeadura foram aplicados no sulco via micron (volume de aplicação 60 L ha^{-1}) o Biomax Azum (*Azospirillum brasilense*, concentração mínima $3,0 \times 10^8 \text{ UFC mL}^{-1}$) na dose de $0,15 \text{ L p.c. ha}^{-1}$ + Meta-Turbo SC (*Metarhizium anisopliae* IBCB425, concentração mínima de $1,0 \times 10^8$ propágulos viáveis mL^{-1}) na dose de $0,5 \text{ L p.c. ha}^{-1}$ + RayNitro Zn News ($83,3 \text{ g L}^{-1}$ de N, $83,3 \text{ g L}^{-1}$ de P_2O_5 e $47,6 \text{ g L}^{-1}$ de Zn) na dose de $0,25 \text{ L p.c. ha}^{-1}$. A adubação de cobertura foi realizada com 150 kg ha^{-1} de Ureia Turbo (ureia + NBPT).

Durante o desenvolvimento do sorgo foram realizados tratos culturais de acordo com as recomendações técnicas, procedendo ao controle de plantas daninhas, pragas e doenças sem deixar que estes influenciassem negativamente no desenvolvimento da cultura. Para o controle de plantas daninhas, foi realizada aplicação em pós-emergência do sorgo do herbicida atrazina ($1500 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) + Iharol Gold® ($300 \text{ mL p.c. ha}^{-1}$) aos 20 dias após a emergência da cultura. Para o controle de pragas e manchas foliares foi realizada uma aplicação da mistura entre o inseticida Wild ($0,5 \text{ L p.c. ha}^{-1}$) e o fungicida Orkestra + Unizeb Gold ($0,35 \text{ L} + 1,5 \text{ kg p.c. ha}^{-1}$), adicionando-se o óleo vegetal Mees ($0,5 \text{ L p.c. ha}^{-1}$) aos 35 dias após a emergência da cultura.

3.3 Desenho experimental e aplicação dos tratamentos

Em ambos os experimentos, o delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), avaliando-se sete tratamentos com três repetições. O experimento foi conduzido em esquema fatorial $2 \times 3 + 1$. O primeiro fator foi constituído por diferentes doses de glifosato (720 e $960 \text{ g e.a ha}^{-1}$). O segundo fator foi composto por diferentes graus de umidade do grão no qual foram realizadas as aplicações do glifosato (18 , 20 e 22°). Além disso, um tratamento adicional sem a aplicação de glifosato foi adicionado como tratamento controle. As unidades experimentais foram compostas por seis linhas de semeadura, com comprimento de $5,0 \text{ m}$ ($15,0 \text{ m}^2$). A área

útil do experimento determinada para realização das avaliações foram as seis linhas centrais de cada unidade experimental, excluindo-se 0,5 m de cada extremidade.

A umidade dos grãos de sorgo foi monitorada para iniciar a aplicação dos tratamentos. A umidade foi mensurada através de amostragens aleatórias dentro de cada parcela. A amostra analisada foi composta por sub-amostragens realizadas dentro da parcela. 2 sub-amostras constituíram a amostra analisada. As sub-amostras foram obtidas de 2 plantas escolhidas aleatoriamente. Os grãos foram colhidos e a umidade medida por um medidor portátil de umidade, G610i Gehaka. A aplicação do glifosato para dessecação pré-colheita foi realizada sempre que a umidade dos grãos alcançou os valores determinados pelos tratamentos.

As pulverizações foram realizadas com pulverizador pressurizado por CO₂, equipado com pontas XR 11002 TeeJet, espaçadas a 0,50 m. A pressão de trabalho foi de 40 psi e a velocidade de deslocamento foi ajustada para proporcionar um volume de calda de 150 L ha⁻¹. As aplicações foram iniciadas às 6h30, sob condições ambientais de 25 ± 2 °C de temperatura, 74% de umidade relativa e velocidade do vento de 4 km h⁻¹.

3.4 Variáveis analisadas

As variáveis analisadas foram: a dessecação das plantas aos 3, 5 e 7 dias após a aplicação do glifosato, estante de plantas, umidade de grãos após a colheita, produtividade de grãos, germinação na primeira contagem, germinação final, peso de mil grãos, número de plantas mortas, número de plantas anormais e condutividade elétrica.

O estante de plantas foi estimado em plantas por hectare. O número de plantas da área útil de cada parcela foi determinando, estimando, posteriormente, o número de plantas por hectare de cada parcela. A produtividade das parcelas foi realizada através da colheita manual de todas as panículas presentes na área útil de cada unidade experimental, onde posteriormente este material foi submetido aos processos de trilha, embalagem, identificação, pesagem e correção da umidade dos grãos para 13%. O peso obtido na área útil de cada parcela experimental foi usado para estimar a produtividade de grãos em kg por hectare (kg ha⁻¹). Amostras representativas de grãos de sorgo também foram coletadas imediatamente após a colheita para determinação da umidade. As amostras foram homogeneizadas para garantir a representatividade da análise. A umidade dos grãos foi determinada utilizando o método da estufa, conforme descrito pela AOAC.

Inicialmente, foram preparadas quatro repetições de 20 gramas de grãos de sorgo, pesadas com precisão utilizando uma balança analítica (modelo UX4200H, marca Shimadzu).

As amostras foram colocadas em recipientes de alumínio previamente secos e tarados. Os recipientes contendo os grãos foram colocados em uma estufa de secagem (modelo TE-394/3, marca Tecnal), regulada a uma temperatura de 105°C. As amostras permaneceram na estufa por um período contínuo de 24 horas. Após esse período, os recipientes foram removidos da estufa e colocados em um dessecador contendo sílica gel, onde permaneceram até atingirem a temperatura ambiente. As amostras foram então pesadas novamente para determinar a perda de massa. A umidade dos grãos foi calculada com base na diferença de peso antes e após a secagem. A fórmula utilizada para o cálculo da umidade foi a seguinte:

$$\text{Umidade (\%)} = \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso após secagem}}{\text{Peso inicial}} \right) \times 100$$

Os resultados foram expressos em porcentagem, representando a média das quatro repetições. Essa metodologia assegura a precisão e a confiabilidade dos dados obtidos, permitindo uma avaliação consistente da umidade dos grãos de sorgo após a colheita.

Para avaliar a qualidade de sementes de sorgo, foram realizadas as seguintes análises: germinação na primeira contagem, germinação final, peso de mil grãos, número de plantas mortas, número de plantas anormais e condutividade elétrica. Cada uma dessas avaliações seguiu metodologias específicas com base em procedimentos consagrados na literatura científica.

A avaliação de germinação na primeira contagem foi conduzida de acordo com as Regras para Análise de Sementes (RAS). Amostras representativas de 200 sementes de sorgo foram selecionadas e divididas em quatro repetições de 50 sementes cada. As sementes foram colocadas para germinar em papel germitest, previamente umedecido com água destilada numa quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. As sementes foram incubadas em uma câmara de germinação (modelo BOD, fabricante Eletrolab), regulada a 25°C e com fotoperíodo de 12 horas de luz. A contagem das sementes germinadas foi realizada no quarto dia após a semeadura, considerando-se germinadas aquelas que apresentassem raiz primária de no mínimo 2 mm.

A avaliação de germinação final seguiu procedimentos similares à germinação na primeira contagem. A contagem final das sementes germinadas foi realizada no oitavo dia após a semeadura, considerando-se germinadas as sementes que desenvolveram plântulas normais

conforme os critérios das RAS. Os resultados foram expressos em porcentagem, calculando-se a média das quatro repetições.

Para determinar o peso de mil grãos, seguiu-se as normas da International Seed Testing Association (ISTA). Foram pesadas quatro amostras de 100 sementes utilizando uma balança de precisão (modelo UX4200H, marca Shimadzu). O peso de mil sementes foi obtido multiplicando-se a média do peso das quatro amostras por dez, e os resultados foram expressos em gramas (g).

O número de plantas mortas foi avaliado durante o desenvolvimento das plântulas. As bandejas de germinação foram monitoradas diariamente, registrando-se o número de plantas que morreram após a emergência. Os resultados foram expressos em porcentagem, calculando-se a média das quatro repetições.

A avaliação do número de plantas anormais também seguiu as RAS. Plântulas anormais foram consideradas aquelas que apresentaram danos físicos, fisiológicos ou morfológicos que poderiam comprometer seu desenvolvimento. A contagem foi realizada no oitavo dia após a semeadura, e os resultados foram expressos em porcentagem.

A condutividade elétrica foi avaliada para determinar a integridade das membranas celulares das sementes de sorgo. Foram selecionadas quatro repetições de 50 sementes, que foram pesadas individualmente. As sementes foram imersas em 75 mL de água deionizada em copos de plástico de 200 mL e mantidas a 25°C por 24 horas. Após o período de imersão, a condutividade elétrica da solução foi medida utilizando um medidor de condutividade (modelo CD-4302, marca Digimed). Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de sementes.

3.5 Análise estatística

A análise estatística do experimento foi realizada utilizando o pacote Tratamentos.ad, disponível para linguagem R[®] Versão 4.4.1. Este pacote é especificamente desenhado para a análise de experimentos com um ou dois fatores e testemunhas adicionais (CRAN) (R Package Documentation). Os dados foram organizados de maneira apropriada, e as análises de normalidade e homocedasticidade das variâncias foram realizadas para verificar os pressupostos necessários para a aplicação de testes paramétricos. A normalidade foi verificada utilizando o teste de Shapiro-Wilk, enquanto a homocedasticidade das variâncias foi testada por meio do teste de Bartlett.

Uma análise de variância (ANOVA) fatorial foi então conduzida para avaliar os efeitos principais das doses de glifosato, dos estágios de umidade dos grãos, e a interação entre esses

fatores. Para comparar as médias entre os tratamentos do fatorial, utilizou-se o teste de Tukey com um nível de significância de $p\text{-valor} < 0,05$. Esse teste permite identificar diferenças significativas entre as médias dos tratamentos. Além disso, para comparar os tratamentos com a testemunha adicional, utilizou-se o teste de Dunnett, também com um nível de significância de $p\text{-valor} < 0,05$. Esse teste é apropriado para comparar múltiplos tratamentos com um controle ou testemunha. Os resultados em gráficos, todos construídos no software R[®] versão 4.4.1, com auxílio do pacote ggplot2.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Eficácia do glifosato para dessecação pré-colheita

Não houve interação significativa entre as doses de glifosato e níveis de umidade do grão de sorgo durante a aplicação. A aplicação do glifosato, independente da dose e grau de umidade, proporcionou um nível de controle médio igual a 25,6% aos 5 DAA, tanto para a região Comigo, quanto para CentroAgro (Figura 2A). O nível de controle alcançou 90% e 100% aos 7 e 10 DAA (Figura 1B e 1C), sem diferenças entre: doses, nível de umidade e região.

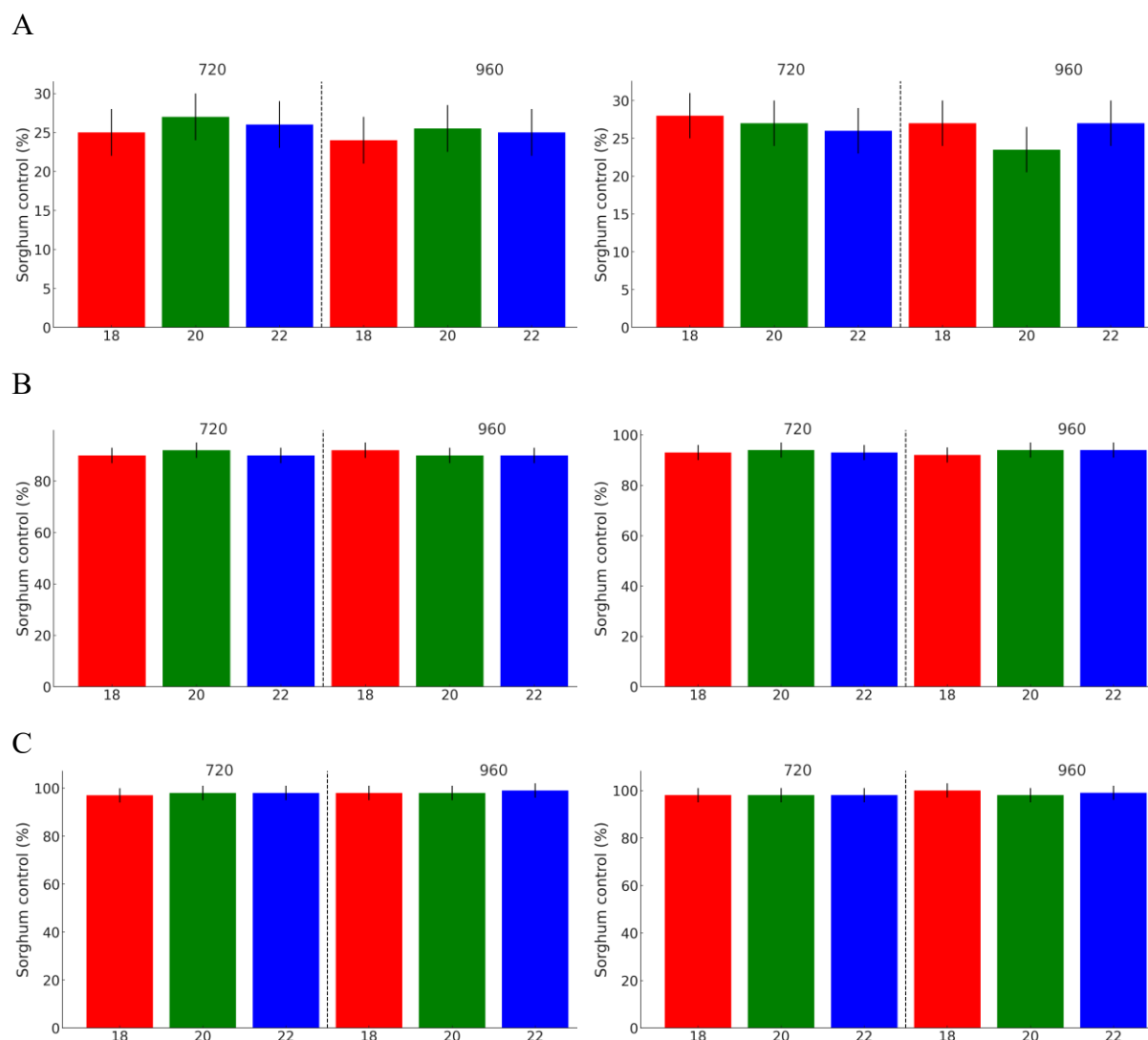


FIGURA 2 - Porcentagem de controle de plantas de sorgo 5 (A), 7 (B) e 10 (C) dias após aplicação de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), em diferentes e em duas localidades (CentroAgro – esquerda e comigo – direita). (–) Análise de Variância não-significativa para os fatores pelo teste F p-valor $\leq 0,05$.

O glifosato demonstrou ser eficiente para dessecação de plantas de sorgo antes da colheita (Bovey et al., 1975; Baur et al., 1977). As plantas de sorgo são altamente sensíveis ao glifosato. Muitas vezes, produtores devem tomar cuidado para evitar a deriva de glifosato em lavouras vizinhas com essa cultura durante as aplicações devido a essa alta sensibilidade. Por exemplo, Al-Khatib et al. (2003), observou que derivas de glifosato e imazethapyr causaram maiores injúrias às plantas de sorgo, quando comparado ao glufosinato, proporcionando morte de plantas em subdoses maiores. Em outro estudo, a deriva simulada de glifosato causou a maior redução em altura de plantas comparados, ao glufosinato e paraquat, com possibilidade de

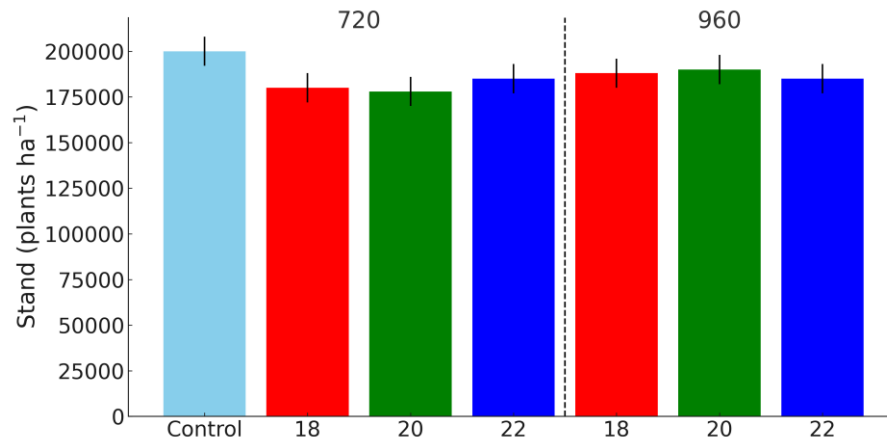
redução de produtividade em estádios de desenvolvimento do sorgo próximo a V6 (Hale et al., 2019).

4.2 Efeito da dessecação pré-colheita sobre os componentes de produtividade

Não foram observadas diferenças significativas para o estande de plantas e peso de mil grãos, com valores médios próximos de 200.000 plantas ha⁻¹ e 29,2 g, respectivamente, independente: da dose aplicada, nível de umidade e região (Figura 3 e Figura 4). Os tratamentos com aplicação de glifosato, em diferentes níveis de umidade do grão, também não se diferenciaram da testemunha sem aplicação de glifosato.

A avaliação de estande de plantas após a aplicação de herbicidas destinado a acelerar a dessecação e antecipar a colheita é importante, pois é quando ocorre maior risco de tombamento e quebramento das plantas. Após aplicação do glifosato, as plantas perderam rapidamente a umidade do colmo, aumentando a probabilidade para tombamentos e quebramentos. Este efeito não foi observado, resultando em estande de plantas iguais para áreas com e sem aplicação de glifosato. Plantas tombadas ou quebradas não permitem a colheita mecanizada efetiva da panícula de sorgo. Para a colheita mecanizada do sorgo é necessário a orientação vertical da planta, para que o molinete seja capaz de colher panícula, evitando desperdício, durante essa operação (Rahman et al., 2004).

A



B

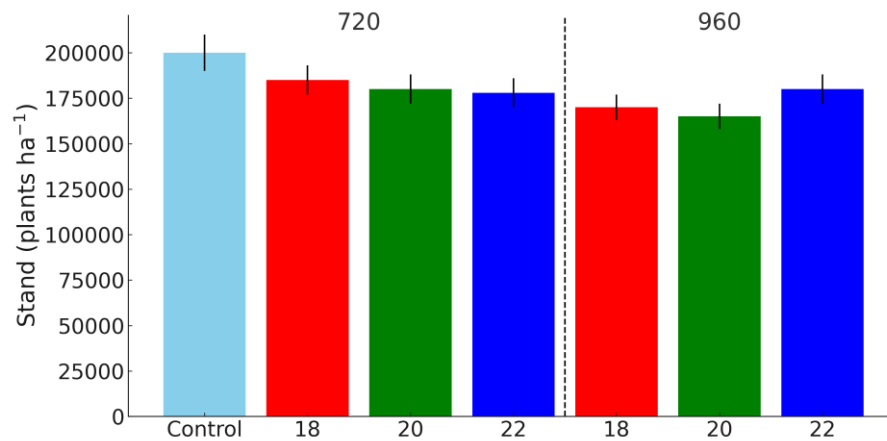
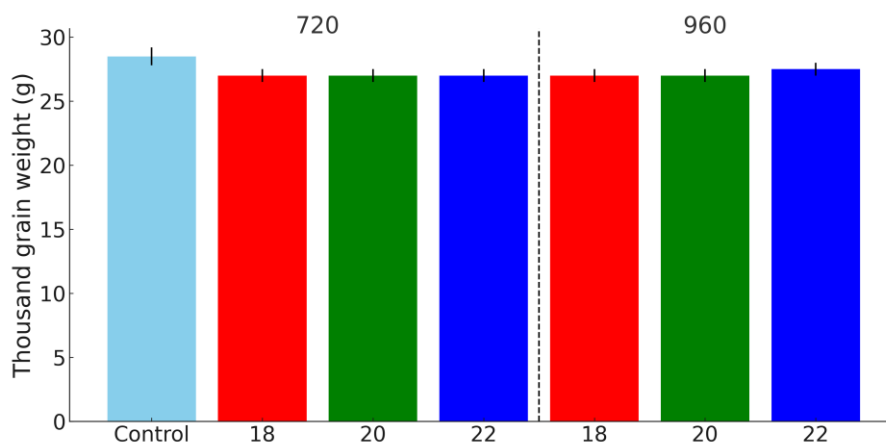


FIGURA 3 - Estande de plantas de sorgo 60 dias após, aplicação de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B). (–) Análise de Variância não-significativa para os fatores pelo teste F p-valor $\leq 0,05$.

O uso de glifosato como dessecante pré-colheita pode impactar significativamente no peso de mil sementes de várias culturas. Alguns estudos demonstraram insights sobre esses efeitos como: mostarda branca, soja e trigo de inverno. Para mostarda branca e trigo de inverno, aplicação de 2.0 kg ha⁻¹ glifosato foi capaz de reduzir esse parâmetro (Jaskulski e Jaskulska, 2014; Jaskulski e Jaskulska, 2011). Para a soja, aplicação no estágio R7 reduziu o peso de mil sementes (Toledo et al., 2012). Neste trabalho, o peso de mil sementes de sorgo não variou entre os tratamentos e regiões. Esse resultado sugere que, independentemente da dose e nível de umidade do grão durante a aplicação do glifosato, a exposição das plantas ao herbicida não reduziu a capacidade das plantas em encher os grãos. Provavelmente, grande parte das sementes formadas na panícula já haviam alcançado o ponto de maturidade fisiológica, momento no qual a planta genitora não é mais capaz de transportar carboidratos para o grão e permitir o acúmulo de massa. Por exemplo, a dessecação pré-colheita do trigo com glifosato no estágio de grão

leitoso reduziu o peso de 1.000 sementes, em comparação aos períodos de dessecação posteriores e ao controle, sem aplicação de herbicida (Perboni et al., 2018).

A



B

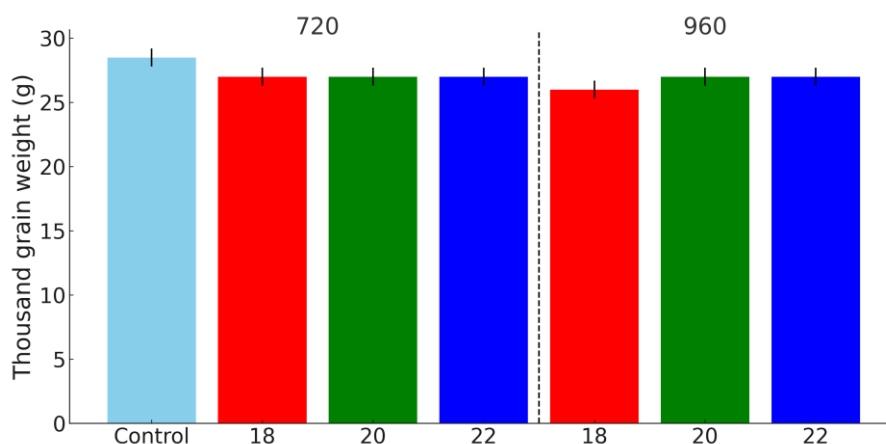
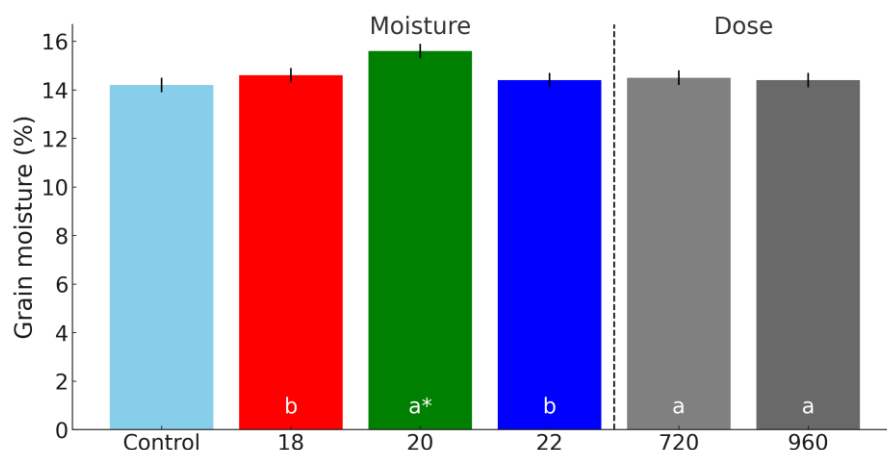


FIGURA 4 - Peso de mil grãos (g) em tratamentos submetidos a dessecação pré-colheita de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B). (–) Análise de Variância não-significativa para os fatores pelo teste F p-valor $\leq 0,05$.

Em ambas as localidades (CentroAgro e Comigo), a umidade dos grãos no tratamento controle foi superior aos demais tratamentos (Figura 5). Não houve interação entre os fatores dose x nível de umidade do grão, durante a aplicação. No CentroAgro (Figura 5A), aplicação de glifosato, com nível de umidade de grãos foi igual 20% causando uma maior umidade de grãos, após colheita, com valor igual a 15,2%, comparado aos níveis de umidade igual a 18 e 22% e controle ($p \leq 0,05$). No entanto, não houve diferença significativa entre as doses de glifosato aplicadas (720 e 960 g i.a. ha⁻¹). Na Comigo (Figura 5B), padrões similares foram observados, porém com maior umidade, após a colheita para os tratamentos, com aplicação de

glifosato, em nível de umidade igual a 18% e controle sem aplicação. Aplicação desse herbicida quando os níveis de umidade dos grãos estavam iguais a 20 e 22% reduziu a umidade de grãos após a colheita, com valores 11,2 e 9,8%, respectivamente, comparado ao controle e para o nível de 18% de umidade ($p \leq 0,05$). Não houveram diferenças entre as doses de glifosato para região Comigo.

A



B

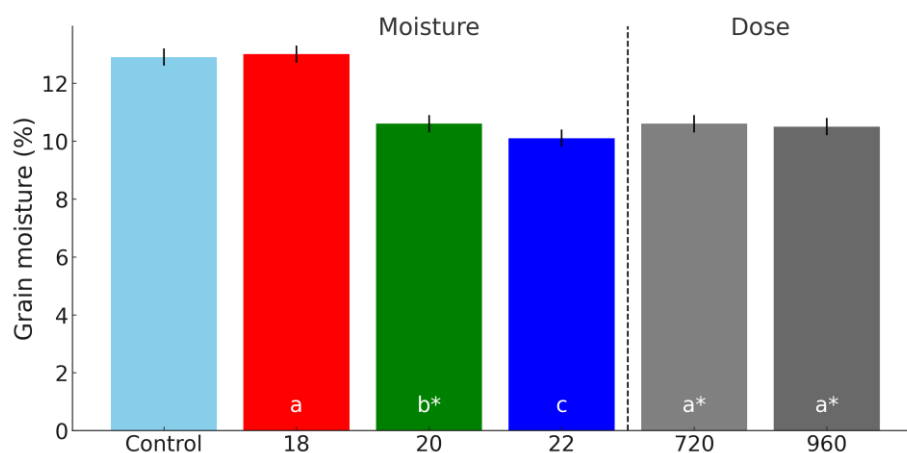


FIGURA 5 - Umidade de grãos de sorgo (%) após a colheita em tratamentos submetidos à dessecação pré-colheita de glifosato, em duas doses (720 e 960 g i.a. ha⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B). Letra minúsculas diferem os níveis de umidade ou dose aplicada pelo teste Tukey p -valor $\leq 0,05$. *indicam diferenças ao tratamento controle pelo teste Dunnett p -valor $\leq 0,05$.

De maneira geral, uma redução da umidade dos grãos nos tratamentos com dessecação por glifosato foi observada, se comparada, ao controle na região Comigo, principalmente para aplicação do dessecante, quando os grãos possuíam maior nível de umidade (22%). Resultados similares foram observados por Baur et al. (1977) e Bovey et al. (1975), ao investigarem o efeito

da dessecação pré-colheita de sorgo, com glifosato, observando uma redução expressiva na umidade dos grãos, com queda para níveis inferiores a 13% em até sete dias após aplicação. A eficiência do glifosato como dessecante pré-colheita foi previamente demonstrada em outras culturas, como trigo e mostarda, reduzindo a umidade dos grãos e acelerando a maturação. Entretanto, a ausência de diferenças significativas entre as doses aplicadas (720 e 960 g i.a. ha⁻¹) no presente estudo sugere que a eficiência do herbicida na redução da umidade pode atingir um limite, independentemente do aumento da dose. Resultados similares foram reportados em trigo, em que aplicação de glifosato, em doses crescentes, não resultou em diferenças significativas, na umidade final dos grãos, embora tenha afetado outros parâmetros fisiológicos, como o vigor e a emergência das plântulas.

A principal diferença observada no presente estudo, em relação aos demais citados foi na região do CentroAgro, na qual aplicação de glifosato não resultou em redução significativa da umidade dos grãos de sorgo no momento da colheita. Diferentemente da localidade Comigo, as condições climáticas da região CentroAgro, caracterizadas por maior umidade relativa do ar e ocorrência de chuvas próximas à época da colheita, podem ter retardado a perda de água pelos grãos e favorecido a reabsorção de umidade da atmosfera.

A dinâmica da umidade nos grãos é influenciada pelo potencial hídrico, que é a soma dos potenciais: osmótico, matricial e de pressão. O potencial hídrico do grão tende a se equilibrar com o do ambiente, de modo que, em condições de alta umidade relativa e precipitações frequentes, o gradiente entre o grão e a atmosfera seja reduzido, limitando a perda de água. Segundo Perboni et al. (2018), aplicação de herbicidas dessecantes acelera a maturação e promove a perda de umidade dos grãos, porém, essa resposta pode ser afetada por fatores ambientais como: temperatura, umidade relativa e regime de chuvas.

O potencial matricial, que descreve a energia necessária para remover a água dos componentes estruturais do grão, também desempenha um papel essencial, no processo (Paparella et al., 2015; Pill et al., 2020; Faúndez et al., 2024). Em grãos submetidos em condições de alta umidade atmosférica, há uma redução da força motriz para a perda de água a partir do grão, principalmente, quando o potencial matricial do mesmo é muito negativo. Esse fenômeno foi observado em estudos de dessecação pré-colheita em trigo (Perboni et al., 2018) e mostarda branca (Jaskulski e Jaskulska, 2014), em que o aumento da umidade relativa retardou a secagem natural dos grãos, mesmo após a morte da planta.

Além disso, a higroscopicidade dos grãos de sorgo permite que eles absorvam água da atmosfera, em condições de elevada umidade relativa. Segundo Baur et al. (1977), absorção de umidade do ar pode ocorrer quando a umidade relativa excede 70%, resultando em um balanço

dinâmico entre perda e ganho de água, dependendo das condições ambientais. Isso explicaria que, mesmo com a dessecação química promovendo a morte antecipada das plantas, a umidade dos grãos na região CentroAgro permaneceu elevada no momento da colheita. Desta forma, os resultados sugerem que, em ambientes com alta umidade atmosférica e ocorrência de chuvas próximas à colheita, a dessecação química com glifosato pode não ser eficaz para reduzir a umidade dos grãos. Nestas condições, a taxa de transpiração e a perda de água do grão podem ser insuficientes para superar a reabsorção de umidade do ambiente, comprometendo o objetivo da dessecação pré-colheita.

Não houve efeito significativo entre os tratamentos (dose e nível de umidade) para a produtividade de grãos de sorgo na região Comigo (Figura 6B). Os tratamentos também não diferiram do controle sem aplicação de glifosato para a região. Para a região CentroAgro, não houve efeito da interação entre dose e nível de umidade, durante aplicação, sem diferenças entre as doses, bem como, o controle sem aplicação (Figura 6A). No entanto, a aplicação de glifosato em plantas com nível de umidade do grão igual a 22% reduziu a produtividade de grãos de sorgo comparado aos níveis de 18%, 20% e ao controle (Figura 6A).

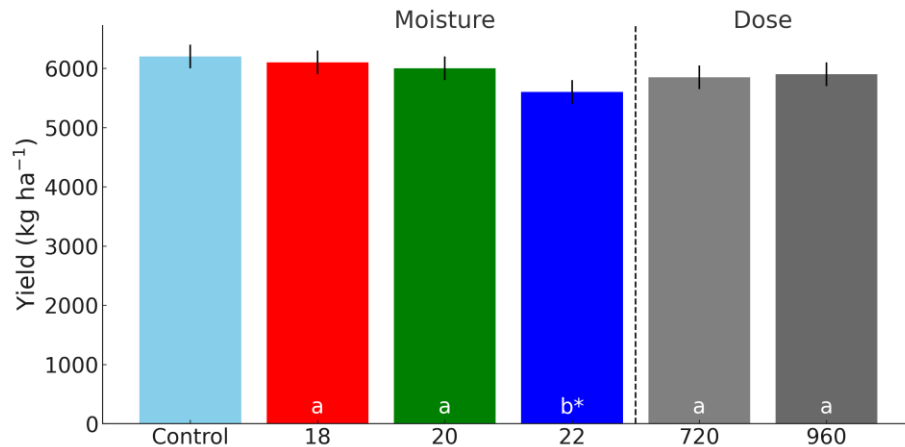
A falta de efeito do glifosato na produtividade dos grãos na região Comigo pode associar-se a dois fatores principais: o estágio fenológico da planta no momento da aplicação e as condições ambientais, que favoreceram a continuidade do enchimento de grãos. O glifosato é um herbicida sistêmico, que interfere na via do ácido chiquímico, inibindo a síntese de aminoácidos essenciais para o metabolismo da planta. No entanto, quando aplicado em plantas já próximas da maturidade fisiológica, os efeitos negativos na produtividade tendem a serem minimizados, uma vez que grande parte dos assimilados já foi translocada para os grãos. Estudos anteriores indicam que, a dessecação pré-colheita com glifosato em trigo, não afetou significativamente a produtividade, quando aplicada em estádios avançados da maturação.

O efeito negativo da dessecação, com glifosato na produtividade da região CentroAgro, especificamente, quando aplicado em plantas com grãos a 22% de umidade, pode relacionar-se a interferências no transporte de fotoassimilados e no enchimento final dos grãos. Provavelmente, na região, ao alcançar 22% de umidade nos grãos, as sementes ainda não tinham alcançado a sua maturidade fisiológica, ou seja, os grãos ainda estavam na fase final de acúmulo de carboidratos, durante a aplicação do herbicida. O glyphosate inibe a enzima EPSPS, resultando no acúmulo de chiquimato e seus derivados, o que interfere na síntese de aminoácidos essenciais como: triptofano, fenilalanina e tirosina (Zulet-González et al., 2023; Martinelli et al., 2022). Esse acúmulo pode associar-se à redução da fotossíntese e da produtividade em diversas culturas, incluindo árvores cítricas (Martinelli et al., 2022) e *Eugenia*

uniflora, sendo também foram observadas reduções na condutância estomática e transpiração (Cruz et al., 2021). Assim, a redução da produtividade observada na região CentroAgro pode ligar-se à interrupção precoce da fotossíntese e do transporte de assimilados para as sementes, especialmente, para àquelas localizadas no terço superior da panícula, uma vez que o processo de florescimento do sorgo é acropetal.

Esse achado entra em conflito com diversos estudos, como o de Zhao et al. (2020), que observaram que, a aplicação de glyphosate em milho durante a fase de enchimento de grãos reduziu a umidade na colheita, sem comprometer a produtividade. Da mesma forma, Bovey et al. (1975), relataram que o glyphosate foi eficiente na redução da umidade dos grãos sem impactar negativamente a produtividade do sorgo. O estudo de Zhao et al. (2020), indicou que a aplicação de glyphosate pode promover a remobilização de carboidratos não estruturais dos órgãos vegetativos, para os grãos, compensando possíveis perdas de produtividade causadas pela senescência precoce. No entanto, no presente estudo, a redução da produtividade na região CentroAgro sugere que essa redistribuição de assimilados pode não ter ocorrido de maneira eficiente. Isso explica-se por fatores ambientais. Em condições de maior umidade relativa e ocorrência de chuvas, como observado na região CentroAgro, a translocação de fotoassimilados pode ser prejudicada pela redução do gradiente hídrico entre os órgãos fonte e dreno. Zhao et al. (2020), mostraram que a desidratação dos grãos é essencial para manter a translocação de assimilados, e a alta umidade pode reduzir esse fluxo. Isso sugere que a menor eficiência de redistribuição de carboidratos pode contribuir para a redução da produtividade, no presente estudo.

A



B

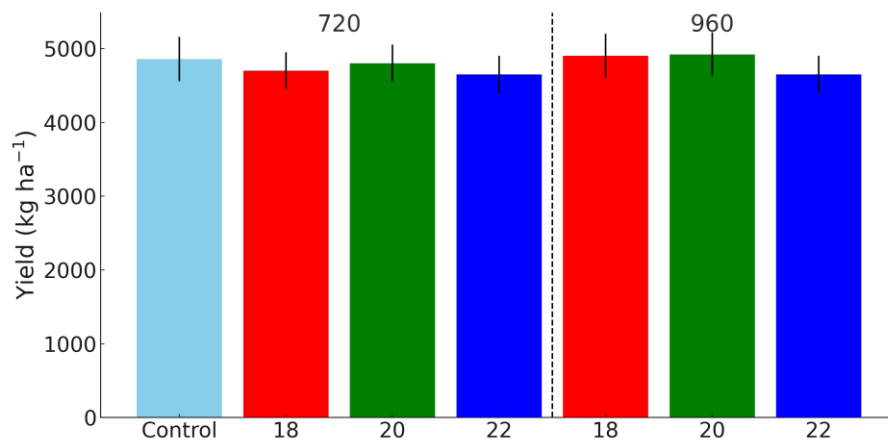


FIGURA 6 - Produtividade de grãos de sorgo (kg ha⁻¹) após a colheita em tratamentos submetidos a dessecação pré-colheita de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B). Letra minúsculas diferem os níveis de umidade ou dose aplicada pelo teste Tukey p-valor $\leq 0,05$. *indicam diferenças ao tratamento controle pelo teste Dunnet p-valor $\leq 0,05$. (-) Análise de Variância não-significativa para os fatores pelo teste F p-valor $\leq 0,05$.

4.3 Efeitos da dessecação pré-colheita sobre qualidade de sementes

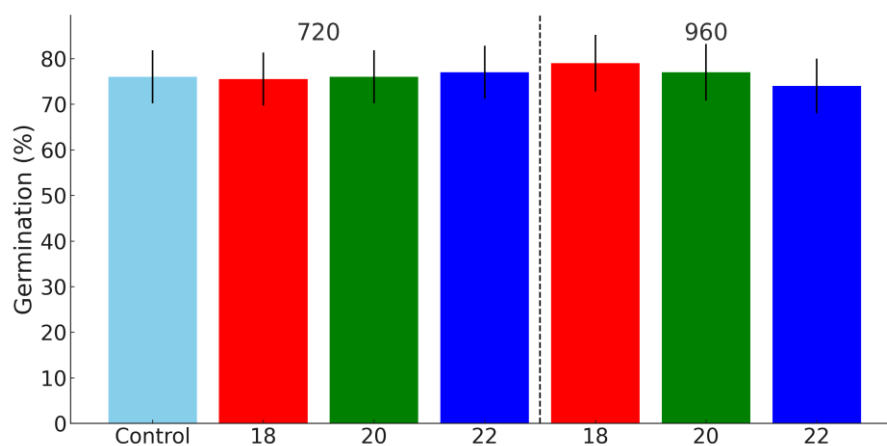
Não houveram diferenças significativas para germinação de sementes de sorgo, tanto para primeira contagem, quanto para contagem final, independente da dose, nível de umidade e região. Além disso, os tratamentos não diferiram do controle, sem aplicação de glifosato, mostrando uma germinação média de 72% (Figura 7 e Figura 8).

Um dos principais fatores que pode explicar a ausência de efeito sobre a germinação é o estágio fenológico das plantas no momento da dessecação. Estudos indicam que aplicação de glyphosate próximo à maturidade fisiológica das sementes minimiza impactos negativos na

germinação e vigor (Zhao et al., 2020). Quando o herbicida é aplicado tardiamente, a translocação para os grãos já está reduzida, evitando interferências significativas na formação das sementes. No presente estudo, aplicação foi realizada, quando os grãos apresentavam entre 18% e 22% de umidade, o que sugere que a maturação fisiológica já estava muito próxima de ser alcançada avançada.

Provavelmente, o estágio de maturação das sementes para o nível de umidade mais elevado na região CentroAgro ainda não havia alcançado a plena maturidade fisiológica uma vez que ainda foi observada a redução da produtividade, indicando que a planta ainda era capaz de translocar fotoassimilados para sementes, porém esse processo foi comprometido pela exposição ao glifosato. No entanto, provavelmente essa translocação já era limitada, reduzindo a probabilidade de translocação do glifosato até o grão, bem como, os possíveis efeitos deletérios sobre o potencial de germinação da semente. Zhao et al. (2020), verificaram que aplicações de glyphosate em milho próximo à maturidade fisiológica reduziram a umidade dos grãos, sem afetar a germinação, enquanto aplicações muito precoces comprometeram a qualidade fisiológica das sementes. Bovey et al. (1975), também verificou a redução da germinação, quando doses maiores de glifosato foram aplicadas, sugerindo que o herbicida pode ter translocado a semente, reduzindo a germinação para 68%.

A



B

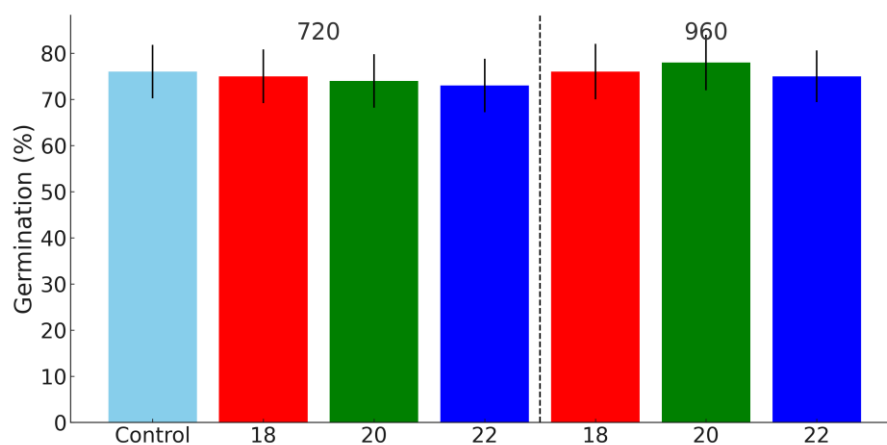
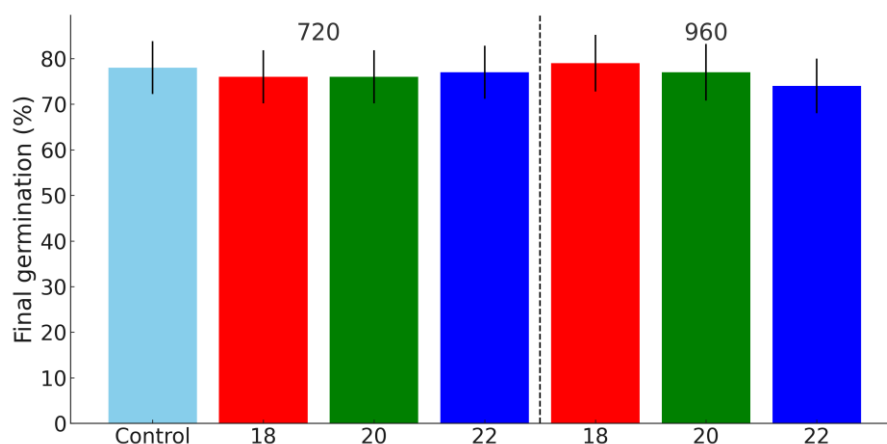


FIGURA 7 - Germinação de sementes de sorgo, durante a primeira contagem (%) em tratamentos submetidos a dessecação pré-colheita de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha⁻¹), com grãos de sorgo, em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B). (-) Análise de Variância não-significativa para os fatores pelo teste F p-valor $\leq 0,05$.

A



B

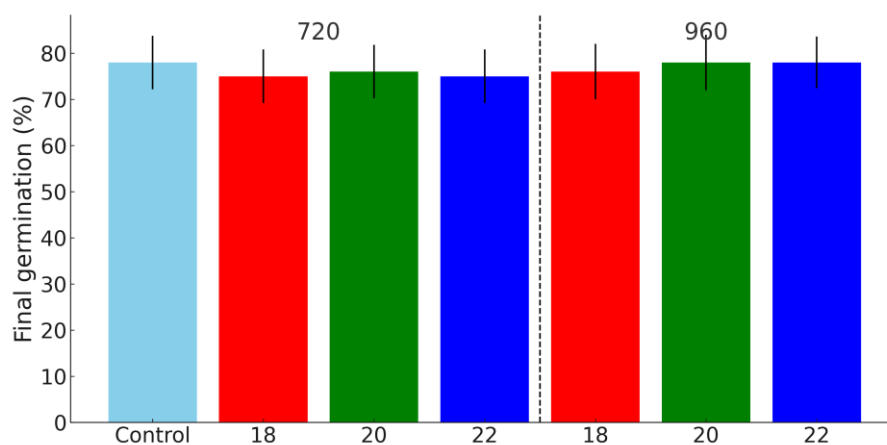


FIGURA 8 - Germinação final de sementes de sorgo (%) em tratamentos submetidos a dessecação pré-colheita de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B). (–) Análise de Variância não-significativa para os fatores pelo teste F p-valor ≤ 0,05.

O número de sementes mortas após a germinação das sementes de sorgo não diferiu entre os tratamentos e o controle para região Comigo (Figura 9A). Para a região CentroAgro, não houveram diferenças para essa variável, entre os tratamentos doses e nível de umidade, durante aplicação do glifosato, com valor médio igual a 14 plantas mortas (Figura 9B). No entanto, a aplicação de glifosato, independente da dose e nível de umidade, elevou o número de sementes mortas se comparado ao controle, na região CentroAgro (Figura *B).

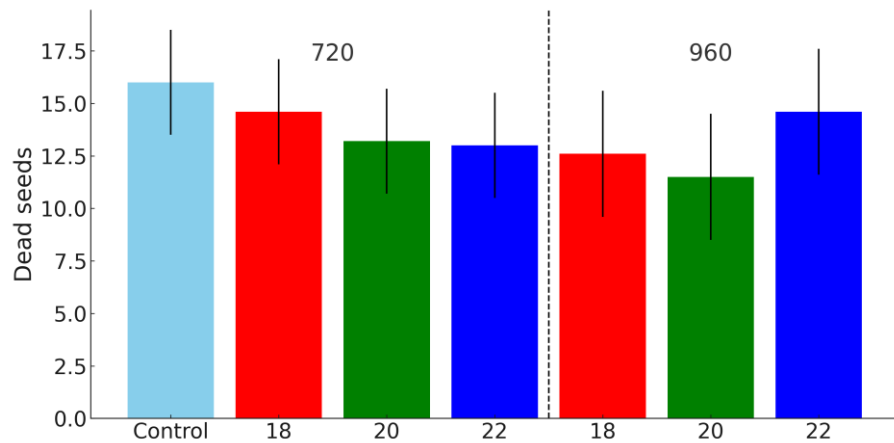
Para região Comigo, não houve interação, entre dose e nível de umidade, durante a aplicação do glifosato. Aplicação do glifosato no sorgo em sementes com nível de umidade igual a 22% aumentou o número de plântulas anormais comparada aos demais níveis de umidade e ao controle sem aplicação (Figura 10A). Na região CentroAgro, um comportamento semelhante foi observado, porém, com efeito da dose. Na região, aplicação de 960 g ha⁻¹

aumentou o número de plântulas anormais se comparado a menor dose e ao controle (Figura 10B). Para o nível de umidade 22%, um maior número de plântulas anormais foi observado se comparado aos demais níveis de umidade e ao controle sem aplicação (Figura 10B).

Aplicações em estágios anteriores à maturidade fisiológica podem resultar em maior translocação dos herbicidas, para as sementes, afetando negativamente sua viabilidade e vigor. No presente estudo, aplicação em sementes com 22% de umidade pode ter ocorrido antes da completa maturidade, tornando-as mais suscetíveis aos efeitos fitotóxicos do glifosato. Estudos anteriores indicam que aplicação de glifosato pode afetar a qualidade fisiológica das sementes, dependendo da dose e do momento da aplicação. Por exemplo, pesquisas demonstraram que, aplicações de glifosato, em estágios reprodutivos iniciais compromete a qualidade das sementes, afetando negativamente a germinação e o vigor das plântulas (Jaskulski e Jaskulska, 2014; Toledo et al., 2012; Bovey et al., 1975; Baur et al., 1977). No presente estudo, o aumento no número de sementes mortas e plântulas anormais, especialmente na região CentroAgro, sugere que, mesmo sem diferenças aparentes na germinação inicial, a qualidade fisiológica das sementes foi comprometida, resultando em maior mortalidade e anormalidades, após a germinação.

O glifosato atua inibindo a síntese de aminoácidos aromáticos, como: triptofano, fenilalanina e tirosina. A inibição dessa via leva à interrupção na produção desses aminoácidos, fundamentais para a síntese de proteínas e outros metabólitos secundários vitais, para o desenvolvimento normal das plantas. Uma vez que o glifosato tenha translocado até as sementes de sorgo, esse herbicida pode ter provocado alterações no crescimento e desenvolvimento das plântulas, manifestando-se como anormalidades morfológicas e anatômicas, durante a germinação. Além disso, a exposição ao glifosato pode induzir estresse oxidativo nas células da semente, aumentando a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) em plântulas recém germinadas (Coelho et al., 2024). O acúmulo excessivo de EROs pode causar danos: a lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, comprometendo a integridade celular e levando ao desenvolvimento de plântulas anormais.

A



B

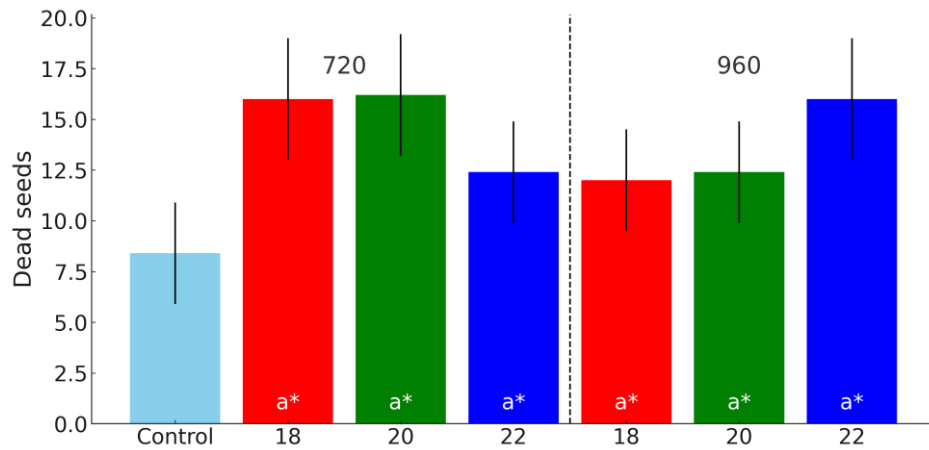
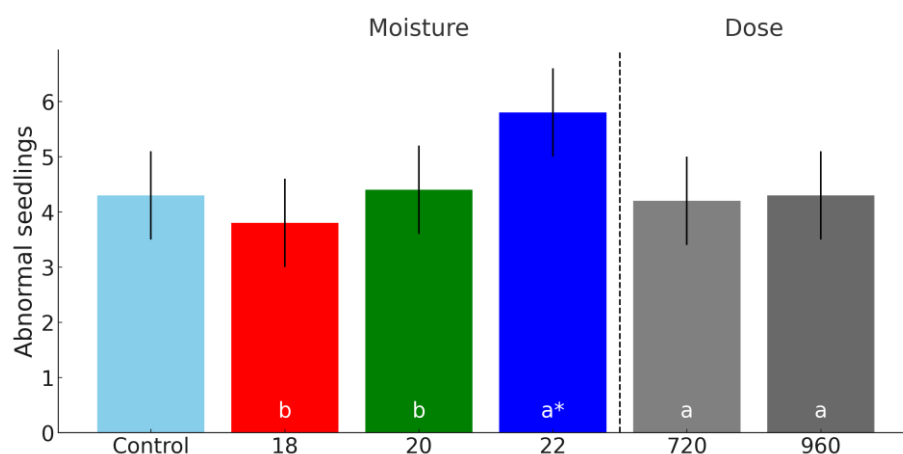


FIGURA 9 - Número de sementes de sorgo mortas em tratamentos submetidos a dessecação pré-colheita de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B). Letra minúsculas diferem os níveis de umidade ou dose aplicada pelo teste Tukey p-valor $\leq 0,05$. *indicam diferenças ao tratamento controle pelo teste Dunnet p-valor $\leq 0,05$. (-) Análise de Variância não-significativa para os fatores pelo teste F p-valor $\leq 0,05$.

A



B

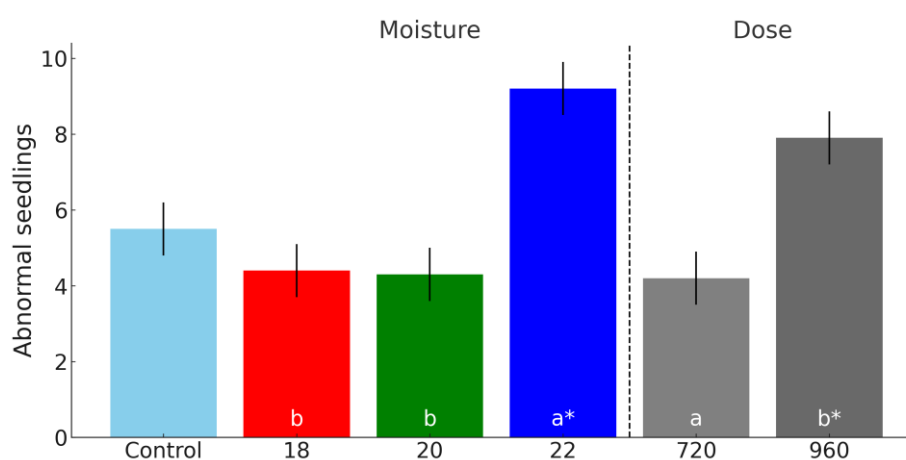


FIGURA 10 - Número de plantas de sorgo anormais em tratamentos submetidos a dessecação pré-colheita de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha⁻¹), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B). Letra minúsculas diferem os níveis de umidade ou dose aplicada pelo teste Tukey p-valor ≤ 0,05. *indicam diferenças ao tratamento controle pelo teste Dunnet p-valor ≤ 0,05.

Não houveram diferenças significativas para condutividade elétrica das sementes de sorgo entre os tratamentos testados e região (Figura 11). No presente estudo, a ausência de diferenças significativas nos valores de condutividade elétrica entre os tratamentos com glifosato e o controle, em ambas as regiões avaliadas, sugere que aplicação do herbicida não comprometeu a integridade das membranas celulares das sementes de sorgo. Esses resultados indicam que, apesar de observações anteriores apontarem para um aumento no número de sementes mortas e plântulas anormais, em determinados tratamentos, tais alterações não foram suficientemente intensas para causar danos detectáveis às membranas celulares das sementes. A resposta das sementes para condutividade elétrica após a dessecação promovida pelo glifosato demonstra ser variável. Por exemplo, Toledo et al. (2014), não observaram efeitos sobre a

condutividade elétrica de sementes de soja, enquanto que Bervaldo et al. (2010), relataram aumento na condutividade elétrica nas sementes dessa mesma cultura, ao elevar as doses de glifosato aplicada, sugerindo peroxidação das células das sementes causadas por esse herbicida.

Coelho et al. (2024), avaliaram a dessecação química na pré-colheita de feijão-caupi e observaram que, embora a aplicação de herbicidas tenha afetado algumas variáveis fisiológicas e bioquímicas das sementes, não houve impacto direto na integridade das membranas celulares, conforme demonstrado por testes de condutividade elétrica. O estudo indicou que, apesar do aumento da atividade de enzimas antioxidantes (CAT, POD, PPO) e da redução no teor de proteínas e aminoácidos em algumas sementes dessecadas, a estabilidade das membranas não foi afetada de maneira significativa. A ausência de alterações na condutividade elétrica das sementes de sorgo sugere que, embora o glifosato possa ter impactado outros aspectos fisiológicos da semente, como a formação de plântulas anormais e possíveis alterações na mobilização de reservas, a membrana celular manteve sua integridade funcional. Esse resultado pode relacionar-se a uma menor translocação do herbicida para os tecidos reprodutivos na fase em que foi aplicado, reduzindo possíveis efeitos fitotóxicos sobre as sementes.

A ausência de alterações na condutividade elétrica pode ser explicada, pelo fato de que, em estágios avançados de desenvolvimento, a translocação do glifosato para os grãos é reduzida, limitando seu efeito direto sobre as membranas celulares. O transporte de herbicidas sistêmicos ocorre principalmente via floema, e à medida que as sementes se aproximam da maturidade fisiológica, a translocação de assimilados para os grãos diminui, reduzindo a exposição das sementes ao glifosato. Além disso, a manutenção da integridade da membrana pode estar associada à ativação de mecanismos antioxidantes dentro das sementes. Coelho et al. (2024), demonstraram que, a aplicação de herbicidas dessecantes pode aumentar a atividade de enzimas antioxidantes, como catalase (CAT), peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO), sugerindo que as sementes possuem mecanismos compensatórios, que evitam danos estruturais severos. Esses mecanismos ajudam a neutralizar espécies reativas de oxigênio (EROs) geradas pelo estresse químico, evitando peroxidação lipídica nas membranas celulares e garantindo sua funcionalidade.

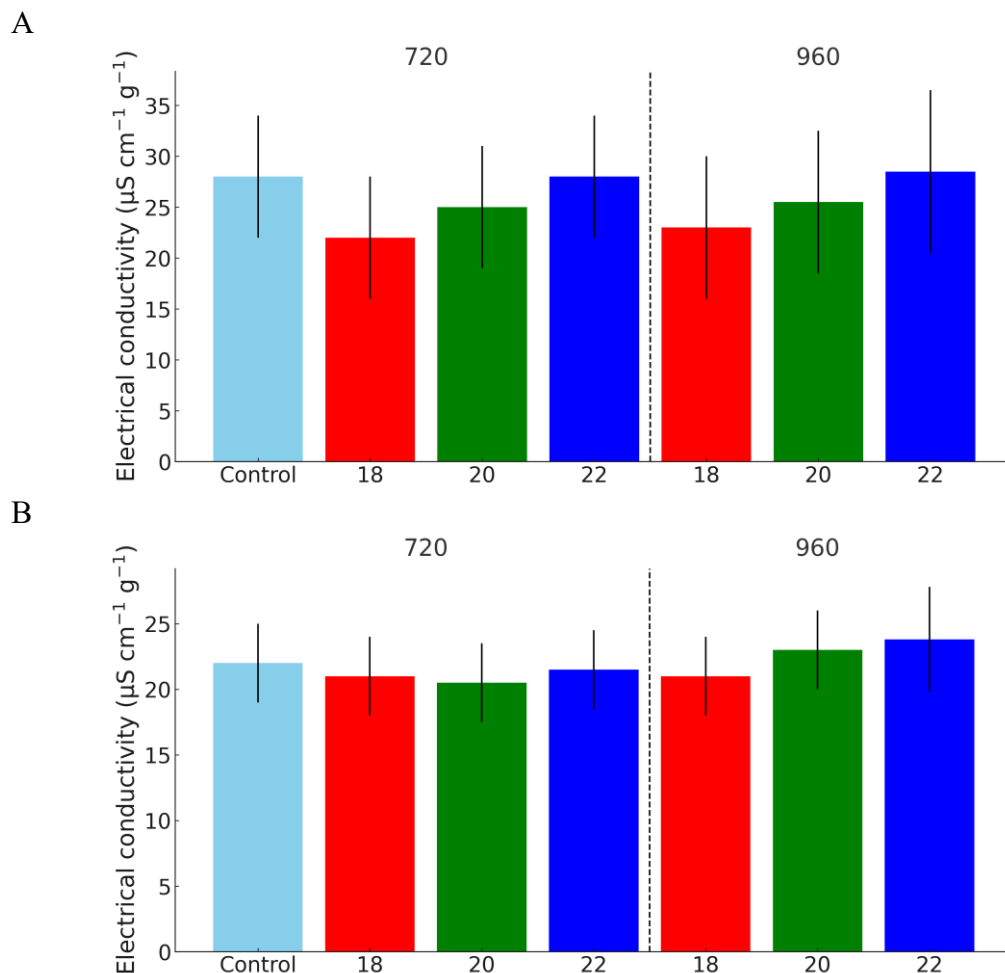


FIGURA 11 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de plantas de sorgo anormais em tratamentos submetidos a dessecação pré-colheita de glifosato em duas doses (720 e 960 g i.a. ha^{-1}), com grãos de sorgo em diferentes percentuais de umidade (18, 20 e 22%), e em duas localidades (CentroAgro – A e Comigo – B). (–) Análise de Variância não-significativa para os fatores pelo teste F p-valor $\leq 0,05$.

5 CONCLUSÃO

A dessecação das plantas de sorgo atinge níveis elevados 7 dias após aplicação, independentemente da dose de glifosato e do nível de umidade dos grãos. No entanto, a eficiência do herbicida, na redução da umidade final dos grãos varia conforme, as condições ambientais, sendo mais evidente em ambientes com menor umidade relativa e ausência de chuvas frequentes, como observado na região Comigo.

A produtividade de grãos de sorgo não é afetada pela dessecação, na maioria dos tratamentos, exceto quando aplicação ocorre em plantas com grãos contendo 22% de umidade

em condições ambientais similares a região CentroAgro, em que há redução significativa na produção. Apesar da redução de produtividade em alguns casos, não foram observadas diferenças significativas, na germinação das sementes, indicando que a dessecação pré-colheita não prejudica diretamente a capacidade de emergência das plântulas, para as condições testadas. No entanto, um aumento no número de plântulas anormais e sementes mortas é identificado em condições ambientais similares ao CentroAgro, especialmente, para aplicações em grãos com maior teor de umidade, sugerindo que a qualidade fisiológica das sementes pode ser afetada em determinadas condições.

Os resultados indicam que a dessecação pré-colheita com glifosato pode ser uma ferramenta útil, para o manejo da colheita do sorgo, desde que aplicada, em condições ambientais favoráveis e respeitando o estágio fenológico adequado das plantas. Porém, futuros trabalhos avaliando a presença de resíduos de glifosato nos grãos devem ser realizados para assegurar que essa prática não resulte em contaminação por esse herbicida e comprometa a saúde animal e humana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-KHATIB, KASSIM et al. Grain sorghum response to simulated drift from glufosinate, glifosato, imazethapyr, and sethoxydim1. **Weed Technology**, v. 17, n. 2, p. 261-265, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2003\)017\[0261:GSRTSD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2003)017[0261:GSRTSD]2.0.CO;2). Acesso em: 20 de março de 2025.

ALMEIDA, E. F. et al. Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em Jataí-GO. **Scientia Plena**, v. 11, n. 12, p. 1-7, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2015.120202>. Acesso em: 20 de março de 2025.

ANTUNES, R. C. et al. Valor nutritivo de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma para leitões. **Arquivo Brasileiro de medicina veterinária e zootecnia**, v. 60, n. 30, p. 713-718, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000300028>. Acesso em: 20 de março de 2025.

ASSIS, M. O. et al. Pre-harvest desiccation in productivity and physiological quality of cowpea seeds. **Planta daninha**, v. 37, p. e019177741, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100014>. Acesso em: 20 de março de 2025.

BAUR, J. R.; Miller, F. R.; Bovey, R. W. Effects of Preharvest Desiccation with Glifosato on Grain Sorghum Seed. **Agronomy Journal**, v. 69, n. 6, p. 1015-1018, 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.003679-S0100-835820193701000>. Acesso em: 20 de março de 2025.

BERVALD, C. M. P. et al. Physiological performance of soybean seeds from conventional and transgenic cultivars treated with glyphosate. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 09-18, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n1a6>. Acesso em: 20 de março de 2025.

BEZERRA, A.R.G et al Productivity and quality of soybean seeds of determinate and indeterminate growth types desiccated in pre-harvest. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.5, p.693-700, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.05.p7421>. Acesso em: 20 de março de 2025.

BIBI, A. et al. Physiological markers for screening sorghum (*Sorghum bicolor*) germplasm under water stress condition. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 12, p. 1815-1820, 2010. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20103153665>. Acesso em: 20 de março de 2025.

BOVEY, R. W.; Miller, F. R.; Baur, J. R. Preharvest Desiccation of Grain Sorghum with Glifosato 1. **Agronomy Journal**, v. 67, n. 5, p. 618-621, 1975. Disponível em: <https://10.2134/agronj1975.00021962006700050008x>. Acesso em: 20 de março de 2025.

COÊLHO, E. dos S. et al. Chemical Desiccation in the Preharvest of Cowpea: A Study of How the Time of Application Interferes in the Enzymatic and Physiological Aspects of Seedlings from **Desiccated Plants**. **ACS omega**, v. 9, n. 32, p. 34893-34904, 2024. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acsomega.4c04489?ref=article_openPDF. Acesso em: 20 de março de 2025.

COSTA, A.G. et al. Pre-harvest desiccation of castor crop using 2, 4-D and glyphosate. **Industrial Crops and Products**, v.122, p.261-265, 2018. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária** - 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.070>. Acesso em: 20 de março de 2025.

CRUZ, C. E. S. et al. Physiological and morphoanatomical effects of glyphosate in *Eugenia uniflora*, a Brazilian plant species native to the Atlantic Forest biome. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 21334-21346, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12003-4>. Acesso em: 20 de março de 2025.

FAO. **FAOSTAT Production crops**. Roma, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 20 de março de 2025.

FAÚNDEZ, Á. et al. Effect of the Soil Matric Potential on the Germination Capacity of *Prosopis chilensis*, *Quillaja saponaria* and *Cryptocarya alba* from Contrasting Geographical Origins. **Plants**, v. 11, n. 21, p. 2963, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants11212963>. Acesso em: 20 de março de 2025.

GOFFNETT et al. O uso de dessecantes para a antecipação da colheita de sementes é uma prática comum em diversas culturas como feijão. **Crop Science**, v. 56, n. 4, p. 1962-1969, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000400012>. Acesso em: 20 de março de 2025.

GOFFNETT, A. M. et al. Preharvest herbicide treatments affect black bean desiccation, yield, and canned bean color. **Crop Science**, v. 56, n. 4, p. 1962-1969, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582001000300011>. Acesso em: 20 de março de 2025.

GOIÁS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agro em Dados** – Abril 2024. Governo do Estado de Goiás, 2024. Disponível em: <https://www.agricultura.go.gov.br/>. Acesso em: 24 fevereiro de 2025.

GOLISZ, A.; SUGANO, M.; FUJII, Y. Microarray expression profiling of *Arabidopsis thaliana* L. in response to allelochemicals identified in buckwheat. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 11, p. 3099-3109, Aug. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.08.0469>. Acesso em: 20 de março de 2025.

HALE, Ralph R. et al. Sensitivity and recovery of grain sorghum to simulated drift rates of glifosato, glufosinate, and paraquat. **Agriculture**, v. 9, n. 4, p. 70, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture9040070>. Acesso em: 20 de março de 2025.

HE, Y.Q. et al. Effects of pre-harvest chemical application on rice desiccation and seed quality. **Journal of Zhejiang University-Science B**, v.16, n.10, p.813-823, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1631/jzus.B1500032>. Acesso em: 24 fevereiro de 2025. JASKULSKI, D;

JASKULSKA, I. Effect of Glifosato used in desiccation of white mustard (*Sinapis alba* L.) on the value of the seed material. **Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura**, v. 10, n. 2, 2011. Disponível em: <https://scispace.com/pdf/effect-of-glyphosate-used-in-desiccation-of-white-mustard-3ra6gnxg85.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2025.

JASKULSKI, D; Jaskulska, I. The effect of pre-harvest glifosato application on grain quality and volunteer winter wheat. **Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura**, v. 10, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/286226726_The_effect_of_pre-harvest_glyphosate_application_on_grain_quality_and_volunteer_winter_wheat. Acesso em: 20 de março de 2025.

JIANG, C.-D. et al. Systemic regulation of leaf anatomical structure, photosynthetic performance, and high-light tolerance in sorghum. **Plant Physiology, Washington**, v. 155, p. 1416-1424, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.111.172213>. Acesso em: 20 de março de 2025.

KRENCHINSKI, F.H. et al. Yield and physiological quality of wheat seeds after desiccation with different herbicides. **Journal of Seed Science**, v.39, n.3, p.254-261, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v39n3172506>. Acesso em: 20 de março de 2025.

LANDAU, E. C.; NETTO, D. A. M. Expansão potencial da produção de sorgo granífero no Brasil no sistema de rotação com soja considerando o zoneamento de risco climático 2015/16. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1038640/1/bol125.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2025.

MARTINELLI, R. et al. Glyphosate excessive use chronically disrupts the shikimate pathway and can affect photosynthesis and yield in citrus trees. **Chemosphere**, v. 308, p. 136468, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136468>. Acesso em: 20 de março de 2025.

OLIVEIRA, J. et al. Grass straw mulching to suppress emergence and early growth of weeds. **Planta Daninha**, v. 32, n. 1, p. 11-17, Jan./Mar. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000100002>. Acesso em: 20 de março de 2025.

PAPARELLA, S. et al. Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant cell reports*, v. 34, p. 1281-1293, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00299-015-1784-y>. Acesso em: 20 de março de 2025.

PERBONI, L. T. et al. Germination and herbicide residue in seeds of preharvest desiccated wheat. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 3, p. 304-312, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n3191284>. Acesso em: 20 de março de 2025.

PEREIRA, T. et al. Physiological quality of soybean seeds depending on the preharvest desiccation. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 441-450, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000300007>. Acesso em: 20 de março de 2025.

PEREIRA, T. et al. Dessecação química para antecipação de colheita em cultivares de soja. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, n.4, p. 2383-2394, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n4p2383>. Acesso em: 20 de março de 2025.

PETERSON, D. E. et al. **Herbicide mode of action**. Topeka: Kansas State University, 2001.

PILL, W. G. **Low water potential and presowing germination treatments to improve seed quality**. In: *Seed quality*. CRC Press, 2020. p. 319-359.

RAHMAN, M. M.; Hampton, J. G.; Hill, M. J. Effect of seed moisture content following hand harvest and machine threshing on seed quality of cool tolerant soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.). **Seed Science and technology**, v. 32, n. 1, p. 149-158, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.15258/sst.2004.32.1.15>. Acesso em: 20 de março de 2025.

ROSS, M. A.; CHILDS, D. J. Herbicide mode-of-action summary. Cooperative Extension Service Publication WS-23, **Purdue University, West Lafayette**, IN. 1996. Disponível em: <http://www.btny.purdue.edu/weedscience/moa/index.html>. Acesso em: 18 janeiro de 2025.

SANTOS, I. L.V.L. et al. Sorgoleone: benzoquinona lipídica de sorgo com efeitos alelopáticos na agricultura como herbicida. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, n. 1, p. 135-144, jan./mar. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/FGNkrwq5LMtmBSNV57Pc5Mj/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 20 de março de 2025.

SHERWANI, S.I., Arif, I.A.; Khan, H.A. **Herbicides, physiology of action, and safety**. London: InTech Publishers, 2015. p.165-186. Disponível em: <https://doi.org/10.5772/61779>. Acesso em: 18 janeiro de 2025.

STEPHENSON, G. R. et al. Glossary of terms relating to pesticides (IUPAC Recommendations 2006). **Pure and Applied Chemistry**, v. 78, n. 11, p. 2075-2154, 2006. Disponível em: <https://publications.iupac.org/pac/2006/pdf/7811x2075.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2025.

SZARESKI, V.J.et al. Pre-harvest desiccation and seed production in soybean crops. **International Journal of Current Research**, v.8, n.11, p.41534-41537, 2016. Disponível em: <http://www.journalcra.com/sites/default/files/issue-pdf/18108.pdf>. 08 Jan. 2019. Acesso em: 18 janeiro de 2025.

TOLEDO, M. Z. et al. Pre-harvest desiccation with glyphosate and quality of stored soybean seeds. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 765-773, 2014. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1009204>. Acesso em: 20 de março de 2025.

TOLEDO, M. Z.et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja colhidas em duas épocas após dessecação com glifosato. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 134-142, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/868fCQzKkFjVGR3gbzzSSdK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 de março de 2025.

UDDIN, M. R. et al. Enhancing sorgoleone levels in grain sorghum root exudates. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, n. 8, p. 914-922, Aug. 2010. Disponível em: doi: 10.1007/s10886-010-9829-8. Acesso em: 20 de março de 2025.

VIDAL, R. A. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: Ática, 1997.

ZHANG, M.; Van Veldhuizen, R. Varieties and pre harvesting treatment for growing polish canola (*Brassica rapa* L.) in Interior Alaska. **Universal Journal of Agricultural Research**, v.4, n.5, p.211-216, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.13189/ujar.2016.040507>. Acesso em: 18 janeiro de 2025.

ZHAO, L. et al. Proper glyphosate application at post-anthesis lowers grain moisture content at harvest and reallocates non-structural carbohydrates in maize. *Frontiers in plant science*, v. 11, p. 580883, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.580883>. Acesso em: 20 de março de 2025.

ZULET-GONZALEZ, A. et al. Unravelling the phytotoxic effects of glyphosate on sensitive and resistant *amaranthus palmeri* populations by GC–MS and LC–MS metabolic profiling. *Plants*, v. 12, n. 6, p. 1345, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants12061345>. Acesso em: 20 de março de 2025.