



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

ESTER DOS SANTOS COELHO

**DESSECAÇÃO QUÍMICA NA PRÉ-COLHEITA DO FEIJÃO-CAUPI: EFEITO
DO HORÁRIO DE APLICAÇÃO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES**

MOSSORÓ

2022

ESTER DOS SANTOS COELHO

**DESSECAÇÃO QUÍMICA NA PRÉ-COLHEITA DO FEIJÃO-CAUPI: EFEITO
DO HORÁRIO DE APLICAÇÃO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Orientador: Aurélio Paes Barros Júnior,
Prof. Dr.

Coorientador: Daniel Valadão Silva,
Prof. Dr.

MOSSORÓ

2022

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

C672d Coêlho, Ester dos Santos.
Dessecação química na pré-colheita do feijão-caupi: efeito do horário de aplicação na qualidade fisiológica de sementes / Ester dos Santos Coêlho.
- 2022.
85 f. : il.

Orientador: Aurélio Paes Barros Júnior.
Coorientador: Daniel Valadão Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2022.

1. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 2. Horários de aplicação. 3. Germinação. 4. Antecipação de colheita. 5. Enzimas antioxidantes. I. Barros Júnior, Aurélio Paes, orient. II. Silva, Daniel Valadão, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ESTER DOS SANTOS COELHO

**DESSECAÇÃO QUÍMICA NA PRÉ-COLHEITA DO FEIJÃO-CAUPI: EFEITO
DO HORÁRIO DE APLICAÇÃO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Defendida em: 24 / 02 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Aurélio Paes Barros Júnior

Aurélio Paes Barros Júnior, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Daniel Valadão Silva

Daniel Valadão Silva, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Clarisse Pereira Benedito

Clarisse Pereira Benedito, Prof^a Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

Autieres Teixeira Faria

Autieres Teixeira Faria, Dr. (GRUPO PICCINI)
Membro Examinador

Guilherme Braga P. Braz

Guilherme Braga Pereira Braz, Prof. Dr. (UniRV)
Membro Examinador

À minha família, que sempre me amparou e apoiou.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo sustento, proteção, graça e amor que me cerca a cada instante. Pela caminhada regada de lições e da paz que excede todo entendimento humano.

A minha mãe/vó Tereza Helena, por ser meu cais diante de tudo, pelo cuidado diário e pelos valores ensinados. Por contribuir com a formação do meu caráter e por ter me conduzido no melhor caminho da vida, o de Cristo.

Ao meu pai Marcillo e sua esposa Neuza Jorge, e as minhas tias Mariane Medeiros e Marcia Helena, pelo acolhimento, torcida e força. O amor e cuidado de vocês me fortifica e me impulsiona a seguir.

As minhas irmãs Ana Maíra e Giovanna, e os meus primos Pedro, Valentina, Antônio e Bernardo, por preencher a minha vida com amor puro e afeto. É presente ter vocês.

Á minha mãe Glória, pelo exemplo de humildade e meus irmãos Erick e Andrey, por todo incentivo durante a jornada.

Á minha bisavó Luzia Rita e meu bisavô Geraldo (em memória), pelo referencial de justiça, amor e pelo exemplo de vida.

Á todos os integrantes do grupo de pesquisa GEPPARG, em especial a Welder, Gisele, Ana, Valécia, Pablo Henrique, Pablo Costa e Ewerton Barbosa pelo companheirismo, pela ajuda durante todo o experimento, pela construção de laços que vão além do acadêmico.

Á Agda Malany, pela amizade e paciência.

Á todos os integrantes do grupo de pesquisa NOMATO, pelo auxílio durante a pesquisa.

Ao Prof. Dr. Daniel Valadão e Aurélio Paes pela orientação e pelas oportunidades concedidas.

Á Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pelo apoio institucional, a todos os professores do PPGFITO por todo conhecimento transmitido, cada um com sua particularidade.

Aos funcionários e técnicos da UFERSA por toda educação e humildade com que tratam os alunos, sendo pessoas que ajudam e que torcem para nosso sucesso profissional.

Á João Everthon, pelo amor, companheirismo, paciência e parceria acadêmica e de vida.

A todos que contribuíram na minha formação profissional, que me ajudaram de maneira direta ou indireta, e a todos que torcem por mim.

Muito obrigada!

“Para que todos vejam, e saibam, e considerem, e juntamente entendam que a mão do Senhor fez isto.” (Isaiás 41:20)

RESUMO

A obtenção de sementes vigorosas é de grande importância para o cultivo do feijão-caupi, e para isso há uma busca pela redução do período de exposição das sementes a fatores abióticos, pragas e doenças. Além disso, as colheitas tardias podem ocasionar danos mecânicos e até mesmo a perda total das sementes. Com isso, para o aumento da eficiência de cultivo do feijão-caupi, é necessário o uso de tecnologias que permitam a produção de sementes de alta qualidade, visando ao uso em um plantio sucessivo. Portanto, o uso de herbicidas é uma estratégia eficiente para antecipar e viabilizar a colheita mecanizada. Nesta pesquisa, foram realizados dois estudos para avaliar o efeito da aplicação de herbicidas em pré-colheita na qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. No primeiro experimento, buscou-se avaliar o efeito da aplicação noturna dos herbicidas em pré-colheita na qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. No segundo, objetivou-se avaliar respostas da aplicação em diferentes horários de herbicidas em pré-colheita na qualidade fisiológica dessas sementes. Foi adotado um delineamento em blocos casualizados, com três repetições. No primeiro estudo, foram utilizados dez tratamentos: diquat, flumioxazina, diquat + flumioxazina, glufosinato de amônio, saflufenacil, carfentrazone, diquat + carfentrazone, atrazina, glifosato e testemunha. O segundo estudo foi realizado em esquema fatorial 3 x 3 + 1, com três herbicidas (diquat, diquat + carfentrazone, diquat + flumioxazina), três horários de aplicação (06h00, 12h00, 18h00), mais a testemunha sem aplicação. Após a colheita em ambos os estudos, foram realizadas análises fisiológicas das sementes, como a taxa de germinação, primeira contagem, índice de velocidade de germinação, comprimento e massa seca de raiz e parte aérea de plântulas, além de análises bioquímicas e enzimáticas. Durante o primeiro estudo, observou-se que o uso de herbicidas aplicados durante a noite, como diquat e saflufenacil, reduziu o comprimento de raiz, e para as análises bioquímicas o uso do diquat e diquat + flumioxazina afetou negativamente a atividade da catalase, peroxidase e polifenoloxidase. No segundo estudo, observou-se que às 12h00, utilizando todos os herbicidas, a qualidade fisiológica das sementes de feijão-caupi foi reduzida, diminuindo a taxa de germinação, comprimento e massa seca de plântulas, dentre outras variáveis. Assim, conclui-se que a aplicação dos herbicidas em todos os horários de aplicação para a dessecação em pré-colheita do feijão-caupi causa danos na germinação, vigor, bioquímica e fisiologia das sementes, apesar de antecipar a colheita da cultura.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Horários de aplicação. Germinação. Antecipação de colheita. Enzimas antioxidantes.

ABSTRACT

Obtaining vigorous seeds is of great importance for the cultivation of cowpea, and for this there is a search for reducing the period of exposure of seeds to abiotic factors, pests and diseases. In addition, late harvests can cause mechanical damage and even the total loss of seeds. Thus, to increase the efficiency of cowpea cultivation, it is necessary to use technologies that allow the production of high-quality seeds, aiming at the use in a successive planting. Therefore, the use of herbicides is an efficient strategy to anticipate and enable mechanized harvesting. In this research, two studies were carried out to evaluate the effect of pre-harvest herbicide application on the physiological quality of cowpea seeds. In the first experiment, we sought to evaluate the effect of nightly application of herbicides in pre-harvest on the physiological quality of cowpea seeds. In the second, the objective was to evaluate application responses at different times of pre-harvest herbicides on the physiological quality of these seeds. Both adopted a randomized block design, with three replications. In the first study, ten treatments were used: diquat, flumioxazin, diquat + flumioxazin, glufosinate ammonium, saflufenacil, carfentrazone, diquat + carfentrazone, atrazine, glyphosate and control. The second study was carried out in a 3 x 3 + 1 factorial scheme, with three herbicides (diquat, diquat + carfentrazone, diquat + flumioxazin), three application times (6h, 12h and 18h), plus the witness without application. After harvesting in both studies, physiological analyzes of the seeds were performed, such as germination rate, first count, germination speed index, length and dry mass of root and shoot of seedlings, in addition to biochemical and enzymatic analyses. During the first study, it was observed that the use of herbicides applied overnight, such as diquat and saflufenacil reduced root length, and for the biochemical analysis the use of diquat and diquat + flumioxazin negatively affected catalase, peroxidase and polyphenoloxidase. In the second study, it was observed that at 12h using all herbicides, the physiological quality of cowpea seeds was reduced, decreasing the germination rate, length and dry mass of seedlings, among other variables. Thus, it is concluded that the application of herbicides at all times of application for pre-harvest desiccation of cowpea causes damage to germination, vigor, biochemistry and physiology of seeds, despite anticipating crop harvest.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Application hours. germination. Harvest anticipation. Antioxidant enzymes.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1 – Açúcares solúveis totais (AST), prolina e aminoácidos solúveis totais (AAS) em plântulas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) dessecado com herbicidas na pré-colheita..... 46
- Figura 2 – Clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila *a + b*, carotenoides, razão entre clorofila *a* e clorofila *b* em plântulas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) dessecado com herbicidas na pré-colheita..... 48
- Figura 3 – Proteína, Catalase (CAT), Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO) em plântulas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) dessecado com herbicidas na pré-colheita..... 50
- Figura 4 – Análise de Componentes Principais entre as variáveis e tratamentos..... 51

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1	–	Caracterização química do solo nas profundidades de 0,2 e 0,4 m na área experimental.....	29
Tabela 2	–	Caracterização dos herbicidas e doses utilizadas no experimento.....	30
Tabela 3	–	Grau de umidade da semente na colheita e tempo de antecipação da colheita sob a aplicação de herbicidas em plantas de feijão-caupi (BRS-Tumucumaque).....	37
Tabela 4	–	Análise de variância da germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de plantas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita.....	38
Tabela 5	–	Plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita.....	38
Tabela 6	–	Primeira contagem de germinação (PCG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita.....	40
Tabela 7	–	Análise de variância do comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) dessecado com herbicidas na pré-colheita.....	41
Tabela 8	–	Comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) dessecado com herbicidas na pré-colheita.....	41
Tabela 9	–	Análise de variância da condutividade elétrica (CE) e teste de envelhecimento acelerado (EA) de sementes de plantas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita.....	43
Tabela 10	–	Condutividade elétrica (CE) e teste de envelhecimento acelerado (EA) de sementes de plantas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita.....	43

CAPÍTULO II

Tabela 1	–	Análise de variância da germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes provenientes de plantas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita em diferentes horários.....	71
Tabela 2	–	Plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita em diferentes horários.....	72
Tabela 3	–	Primeira contagem de germinação (PCG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes provenientes de plantas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita em diferentes horários.....	73
Tabela 4	–	Análise de variância de comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) dessecado com herbicidas na pré-colheita em diferentes horários.....	75
Tabela 5	–	Comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) dessecado com herbicidas na pré-colheita em diferentes horários.....	76
Tabela 6	–	Análise de variância do teste de envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) em sementes de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita em diferentes horários.....	77
Tabela 7	–	Teste de envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de plantas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita em diferentes horários.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAST	Aminoácidos solúveis totais
ACP	Análise de componentes principais
AST	Açúcares solúveis totais
At	Atrazina
Ca	Carfentrazone
Carot	Carotenoides
CAT	Catalase
CE	Condutividade elétrica
Clo a	Clorofila <i>a</i>
Clo a/b	Relação entre clorofila <i>a</i> e clorofila <i>b</i>
Clo b	Clorofila <i>b</i>
Clo total	Clorofila total
CPA	Comprimento da parte aérea
CR	Comprimento de raiz
CV	Coefficiente de variação
DAS	Dias após a semeadura
DBC	Delineamento em blocos casualizados
Di	Diquat
Di+Ca	Diquat + Carfentrazone
Di+Fl	Diquat + Flumioxazina
EA	Envelhecimento acelerado
Fl	Flumioxazina
G	Germinação
Gl	Glufosinato
Gly	Glyphosate
IVG	Índice de velocidade de germinação
LAS	Laboratório de Análise de Sementes
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca de raiz
PCG	Primeira contagem de germinação

pH	Potencial hidrogeniônico
POD	Peroxidase
PPO	Polifenoloxidase
Prol	Prolina
Prot	Proteína
As	Saflufenacil
Te	Testemunha
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
VMG	Velocidade média de germinação

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
μmol	Micromol
®	Marca registrada
Ca^{2+}	Cálcio trocável
cm	Centímetro
cmolc	Centimol de carga
dm	Decímetro
CO_2	Dióxido de carbono
dS	Decisiemens
EDTA	Ácido etilenodiaminotetracético
g	Gramas
i.a.	Ingrediente ativo
h	Horas
ha	Hectare
H_2O	Água
H_2O_2	Peróxido de hidrogênio
K^+	Potássio trocável
K_2O	Óxido de potássio
kg	Kilograma
L	Litro
m	Metro
M	Massa molar
mg	Miligrama
Mg^{2+}	Magnésio trocável
min	Minuto
mL	Mililitro
mM	Massa molecular
N	Nitrogênio
Na^+	Sódio trocável
nm	Nanômetro
°C	Graus Celsius
P	Fósforo

P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
PVP	Polivinilpirrolidona
rpm	Rotações por minuto
s	Segundo
v/v	Percentual volume/volume
μL	Microlitro
μS	Microsiemens

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	20
	REFERÊNCIAS	22
	CAPÍTULO I – A APLICAÇÃO NOTURNA DE HERBICIDAS PARA DESSECAÇÃO EM PRÉ-COLHEITA PREJUDICA A QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES DE FEIJÃO- CAUPI?	25
	RESUMO	25
1	INTRODUÇÃO	27
2	MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1	Localização e caracterização da área	29
2.2	Tratamentos e arranjo experimental	30
2.3	Caracterização da aplicação dos herbicidas	31
2.4	Colheita e preparo das sementes	31
2.5	Teste de germinação	31
2.6	Primeira contagem de germinação	32
2.7	Velocidade média de germinação	32
2.8	Índice de velocidade de germinação	32
2.9	Comprimento e massa seca de raiz e parte aérea	33
2.10	Condutividade elétrica	33
2.11	Teste de envelhecimento acelerado	33
2.12	Análises bioquímicas e enzimáticas	34
2.12.1	Açúcares solúveis totais	34
2.12.2	Prolina	34
2.12.3	Aminoácidos solúveis totais	34
2.12.4	Teor de clorofila	35
2.12.5	Determinação e extração de proteínas	35
2.12.6	Catalase	35
2.12.7	Peroxidase	36
2.12.8	Polifenoloxidase	36
2.13	Análise estatística	36

3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4	CONCLUSÕES	52
	REFERÊNCIAS	52
	CAPÍTULO II - QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI EM DIFERENTES HORÁRIOS DE APLICAÇÃO DE HERBICIDAS PARA DESSECAÇÃO EM PRÉ- COLHEITA	65
	RESUMO	65
1	INTRODUÇÃO	67
2	MATERIAL E MÉTODOS	68
2.1	Localização e caracterização do experimento	69
2.2	Tratamentos e arranjo experimental	69
2.3	Aplicação dos herbicidas	70
2.4	Colheita e preparo das sementes	70
2.5	Teste de germinação e primeira contagem de germinação	70
2.6	Velocidade média de germinação	70
2.7	Índice de velocidade de germinação	71
2.8	Comprimento e massa seca de raiz e da parte aérea	71
2.9	Condutividade elétrica	71
2.10	Teste de envelhecimento acelerado	71
2.11	Análise estatística	72
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
4	CONCLUSÕES	80
	REFERÊNCIAS	80
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
	APÊNCIDE A	86

1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] é uma leguminosa com ampla importância na alimentação humana, sendo considerada uma fonte de proteína de baixo custo (Cavalcante et al., 2017). É um alimento rico em vitaminas, minerais, fibras, carboidratos, lipídios e proteínas (Gomes et al., 2021), possuindo também compostos fenólicos, propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e anti-hipertensivas (Lindemann et al., 2017). No atual cenário agrícola, as áreas de plantio de feijão-caupi estão sendo cada vez mais expandidas (Freire Filho et al., 2017), e isso tem sido atribuído à grande diversidade de variedades com maior potencial produtivo, melhor qualidade de grãos e sementes e ciclos de maturação precoce (Rocha et al., 2017).

A obtenção de sementes vigorosas é de grande importância para o cultivo do feijão-caupi, para isso há uma busca pela redução do período de exposição das sementes a oscilações ambientais, pragas e doenças (Szareski et al., 2016; Follmann et al., 2017). Além disso, as colheitas tardias podem ocasionar danos mecânicos e até mesmo a perda total das sementes (Castoldi et al., 2019). Dessa maneira, para o aumento da eficiência de cultivo do feijão-caupi, é necessário o uso de implementos agrícolas e tecnologias que permitam a produção de sementes de alta qualidade, visando ao uso dessa semente em um plantio sucessivo (Raisse et al., 2020). Portanto, em busca de safras mais produtivas e com menor tempo de exposição no campo, o uso de herbicidas é uma estratégia eficiente para antecipar e viabilizar a colheita mecanizada (Castro et al., 2016; Vargas et al., 2018).

A utilização de herbicidas apresenta grande importância para a pré-colheita do feijão-caupi, ocasionando ciclos mais curtos que proporcionam competitividade no setor e previnem perdas na produtividade (Seidler et al., 2019). Além disso, com a aplicação desses herbicidas pode-se obter uma uniformidade na maturação de vagens sem indução da deiscência (Assis et al., 2019). Para isso, deve-se considerar que herbicidas com maior translocação poderão causar maior possibilidade de danos adicionais às sementes (Rosado et al., 2019).

A dessecação pré-colheita é uma prática comum para culturas como soja (Bezerra et al., 2016), canola (Zhang e Van Vekdhuizen, 2016), trigo (Krenchinski et al., 2017) e feijão comum (Goffnett et al., 2016). Para grande parte das culturas há o registro de herbicidas para a dessecação, porém na cultura do feijão-caupi não há produtos registrados (Raisse et al., 2020).

A constante evolução da formulação dos herbicidas exige a avaliação dos efeitos do uso em diversas situações para a possível obtenção de sementes de qualidade (Botelho et al., 2016). Dentre os herbicidas utilizados para a dessecação feijão-caupi, destaca-se o diquat, inibidor do fotossistema I que atua capturando elétrons da fotossíntese e com isso paralisa a ferredoxina, possui uma rápida ação, ocasionando a morte celular e o aparecimento dos sintomas em poucas horas (Barros et al., 2019). Outros herbicidas utilizados para dessecação em feijão-caupi são os inibidores da PROTOX (protoporfirinogênio oxidase), como o carfentrazone, saflufenacil e flumioxazina, que são herbicidas de contato com ação na biossíntese da clorofila (Raisse et al., 2020). Além desses, outro herbicida com potencial para a dessecação é o glufosinato de amônio, que é um inibidor da enzima glutamina sintetase, essencial na assimilação do nitrogênio (Lima et al., 2018).

Além dos herbicidas de contato, há o uso de herbicidas sistêmicos com a finalidade de dessecação, como, por exemplo, o glifosato (Parreira et al., 2015; Barros et al., 2019). No entanto, a ação de herbicidas sistêmicos é mais lenta e pode ocasionar o acúmulo de resíduos tóxicos nas sementes (Sherwani et al., 2015). A utilização de herbicidas sistêmicos é viável para a produção de grãos, porém os estudos demonstram que para as sementes a qualidade fisiológica é reduzida pela ação desses herbicidas (Juhász et al., 2013; Jaskulski e Jaskulska, 2014).

Para o uso eficiente da dessecação química, devem ser considerados alguns aspectos, como as condições ambientais, o horário de aplicação, a época ideal para a aplicação, a escolha do herbicida, visando a minimizar a perda da qualidade fisiológica de sementes (Zuffo et al., 2019). Nesse sentido, há necessidade de estudos que forneçam informações acerca dos efeitos da aplicação de herbicidas na qualidade de sementes do feijão-caupi (Cruz et al., 2018). Além disso, é necessária a avaliação de diferentes condições ambientais na eficácia desses herbicidas, bem como nos efeitos relacionados ao seu horário de aplicação (Maciel et al., 2016).

Além da possível influência ocasionada pela aplicação de herbicidas, a qualidade fisiológica de sementes pode ser influenciada por fatores bióticos e abióticos (Santos et al., 2018). Os estudos associam a qualidade das sementes à época ideal de colheita (Szareski et al., 2016). Portanto, a influência desses fatores será refletida na redução da porcentagem de germinação, na formação de plântulas anormais e diminuição no vigor das sementes (Basso et al., 2018)

Tendo em vista esses aspectos, é necessária a realização de estudos abordando os efeitos da dessecação química na qualidade de sementes, bem como indiquem as

condições adequadas para a sua aplicação. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos do horário de aplicação de herbicidas na pré-colheita do feijão-caupi.

REFERÊNCIAS

ASSIS, M. D. O. et al. Pre-harvest desiccation in productivity and physiological quality of cowpea seeds. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, p. 1–11, set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100014>. Acesso em: 7 jan. 2022.

BASSO, D. P. et al. Late seed maturation improves the preservation of seedling emergence during storage in soybean. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 194–201, abr./jun. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n2191893>. Acesso em: 05 fev. 2022.

CRUZ, A. B. S. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultura do feijão-caupi na Savana Amazônica. **Nativa**, Sinop, v. 6, n. 6, p. 625–630, nov./dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i6.5732>. Acesso em: 7 jan. 2022.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. A cultura: aspectos socioeconômicos. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.). **Feijão-Caupi do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2017. p. 9–34.

FOLLMANN, D. N. et al. Relações lineares entre caracteres de soja safrinha. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 213–221. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.19084/RCA16027>. Acesso em: 29 jan. 2022.

GOMES, F. D. O. et al. Composição química e valor energético total de grãos imaturos de linhagens e cultivares de feijão caupi. In: CORDEIRO, C. A. M.; SILVA, E. M.; EVANGELISTA-BARRETO, N. S. (org.). **Ciência e tecnologia de alimentos: pesquisas e práticas contemporâneas**. Guarujá: Científica digital, 2021. p. 373-382.

JASKULSKI, D.; JASKULSKA, I. The effect of pre-harvest glyphosate application on grain quality and volunteer winter wheat. **Romanian Agricultural Research**, v. 31, p. 283–289, jan. 2014. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143417247>. Acesso em: 27 jan. 2022.

JUHÁSZ, A. C. P. et al. Desafios fitossanitários para a produção de soja. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 34, n. 276, p. 66–75, set./out. 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96308/1/cpamtwruck-0100-3364-2013.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2022.

- LINDEMANN, I. D. S. et al. Foliar desiccators glyphosate, carfentrazone, and paraquat affect the technological and chemical properties of cowpea grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 65, n. 32, p. 6771–6778, jul. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.7b01912>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- MACIEL, C. D. G. et al. Eficiência de controle de cipó-de-veado por glyphosate e glyphosate + 2,4-D em diferentes horários de aplicação. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 15, n. 4, p. 380–387, dez. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v15i4.499>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- PARREIRA, M. C.; LEMOS, L. B.; PORTUGAL, J.; ALVES, P. L. C. A. Effects of desiccation with glyphosate on two common bean cultivars: physiology and cooking quality of the harvested product. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 10, p. 925–930, out. 2015. Disponível em: http://www.cropj.com/parreira_9_10_2015_925_930.pdf. Acesso em: 29 jan. 2022.
- ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; MENEZES JUNIOR, J. A. Importância econômica. In: BASTOS, E. A. (org.). **Cultivo de Feijão-Caupi**. Brasília: Embrapa, 2017. p. 1–6.
- SANTOS, F. L. et al. A influência de dessecante na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 12, n. 1, p. 68–76, mar. 2018. Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/619/360>. Acesso em: 7 fev. 2022.
- SEIDLER, E. P. et al. Dessecação em pré-colheita do trigo: nova preocupação para a qualidade do cereal no consumo humano. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 18, n. 3, p. 200–208, jan. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18188/sap.v18i3.21203>. Acesso em: 29 jan. 2022.
- SHERWANI, S. I., ARIF, I. A.; KHAN, H. A. Modes of action of different classes of herbicides. In: PRICE, A., KELTON, J.; SARUNAITTE, L. (org.). **Herbicides, physiology of action, and safety**. London: InTech Publishers, 2015. p. 165–186.
- 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, nov. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311453929_PRE-HARVEST_DESICCATION_AND_SEED_PRODUCTION_IN_SOYBEAN_CROPS. Acesso em: 29 jan. 2022.
- ZUFFO, A. et al. Does chemical desiccation and harvest time affect the physiological and sanitary quality of soybean seeds?. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 4, p. 934–

942, out./dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n409rc>.

Acesso em: 29 jan. 2022.

CAPÍTULO I

A APLICAÇÃO NOTURNA DE HERBICIDAS PARA DESSECAÇÃO EM PRÉ-COLHEITA PREJUDICA A QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI?

RESUMO

Em busca de safras mais produtivas e com menor tempo de exposição no campo, o uso de herbicidas tem sido uma alternativa eficaz para antecipar e viabilizar a colheita mecanizada. Todavia, a aplicação noturna destes herbicidas poderia alterar a eficiência da dessecação por influenciar nos processos de absorção e translocação dos produtos. Assim, nesta pesquisa foram avaliados os efeitos da aplicação noturna de herbicidas em pré-colheita na qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. O experimento de campo foi realizado em Mossoró, Rio Grande do Norte, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), com três repetições. A cultivar utilizada foi a BRS Tumucumaque. Os tratamentos consistiram na aplicação dos herbicidas diquat, flumioxazina, diquat + flumioxazina, glufosinato de amônio, saflufenacil, carfentrazone, diquat + carfentrazone, atrazina, glifosato, além de uma testemunha sem aplicação. Os tratamentos mais eficientes para antecipação da colheita foram diquat aplicado isoladamente, além das associações contendo diquat com flumioxazina ou carfentrazone. A aplicação noturna dos herbicidas causou o aumento de plântulas anormais. Flumioxazina e saflufenacil ocasionaram reduções na primeira contagem, velocidade média e índice de velocidade de germinação. Houve diminuição do comprimento de raiz das plântulas oriundas de sementes com aplicação de diquat e saflufenacil, ao passo que o glufosinato reduziu em 46% o comprimento de parte aérea das plântulas. A massa seca de raiz e parte aérea obtiveram menores valores com a aplicação de atrazina com 40,6% e 43,7%, respectivamente. A condutividade elétrica apresentou os maiores valores nos tratamentos com flumioxazina, atrazina, carfentrazone e glufosinato, refletindo a desestabilização de membranas ocasionada por esses herbicidas. No teste de envelhecimento acelerado, os tratamentos diquat e carfentrazone causaram 100% de anormalidade de plântulas. Nas análises bioquímicas, observou-se maior influência negativa dos tratamentos com diquat e diquat + flumioxazina. Os carotenoides aumentaram nos tratamentos com aplicação de herbicidas, confirmando o estresse oxidativo causado pelos herbicidas. O diquat reduziu em 30,97% o teor de proteína. Flumioxazina e diquat + flumioxazina aumentaram a atividade da catalase, peroxidase e polifenoloxidase. Conclui-se que a aplicação noturna de herbicidas reduz a qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi.

Palavras chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Dessecação química. Germinação. Estresse oxidativo. Antecipação de colheita.

DOES NIGHT APPLICATION OF HERBICIDES FOR PRE-HARVEST DRYING HARM THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF COWBEAN SEEDS?

ABSTRACT

In search of more productive crops and with less exposure time in the field, the use of herbicides has been an effective alternative to anticipate and enable mechanized harvesting. However, the night application of these herbicides could change the desiccation efficiency by influencing the absorption and translocation processes of the products. Thus, in this research the effects of nightly application of pre-harvest herbicides on the physiological quality of cowpea seeds were evaluated. The field experiment was carried out in Mossoró, Rio Grande do Norte, using a randomized block (DBC) experimental design, with three replications. The cultivar used was BRS Tumucumaque. The treatments consisted of the application of the herbicides diquat, flumioxazin, diquat + flumioxazin, glufosinate of ammonium, saflufenacil, carfentrazone, diquat + carfentrazone, atrazine, glyphosate, in addition to a control without application. The most efficient treatments for harvest anticipation were diquat applied alone, in addition to associations containing diquat with flumioxazin or carfentrazone. Nocturnal application of herbicides caused an increase in abnormal seedlings. Flumioxazin and saflufenacil caused reductions in the first count, mean speed and germination speed index. There was a decrease in the root length of seedlings from seeds with application of diquat and saflufenacil, while glufosinate reduced the shoot length of seedlings by 46%. The dry mass of root and shoot had lower values with the application of atrazine with 40.6% and 43.7%, respectively. The electrical conductivity showed the highest values in the treatments with flumioxazin, atrazine, carfentrazone and glufosinate, reflecting the destabilization of membranes caused by these herbicides. In the accelerated aging test, diquat and carfentrazone treatments caused 100% seedling abnormality. In the biochemical analyses, there was a greater negative influence of treatments with diquat and diquat + flumioxazin. Carotenoids increased in treatments with herbicide application, confirming the oxidative stress caused by herbicides. Diquat reduced the protein content by 30.97%. Flumioxazin and diquat + flumioxazin increased catalase, peroxidase and polyphenoloxidase activity. It was concluded that the night application of herbicides reduces the physiological quality of cowpea seeds.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Chemical desiccation. germination. Oxidative stress. Harvest anticipation.

1 INTRODUÇÃO

A antecipação da colheita é uma prática importante para a manutenção do potencial produtivo das culturas, como também para garantir produtos com alto valor agregado (Follman et al., 2017). Esta prática se baseia na busca pela redução da exposição prolongada das plantas no campo, as quais ficam expostas à oscilação das condições ambientais, bem como ao ataque de pragas e doenças (Zanatta et al., 2018a). A realização de colheitas tardias também pode causar danos mecânicos a frutos e sementes, como rachaduras e enrugamento do tegumento (Castoldi et al., 2019), aumentando a facilidade de deterioração, comprometendo a qualidade e podendo ocasionar a perda total da qualidade fisiológica destes materiais (Marcandalli et al., 2011).

Para sementes, os estudos demonstram que a época ideal da colheita é durante a maturidade fisiológica, pois nesse período ocorre maior acúmulo de matéria seca e sementes mais vigorosas com grande potencial fisiológico (Raisse et al., 2020). No entanto, na maturidade fisiológica as sementes apresentam alto grau de umidade e grande número de folhas verdes, que são pontos inadequados para viabilizar a colheita mecanizada (Peske et al., 2012).

Algumas culturas apresentam problemas na colheita devido à variação da maturidade das sementes na planta, o que prejudica a colheita mecânica (Zanatta et al., 2018b). No Brasil, esse problema é recorrente na cultura do feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] (Assis et al., 2019). Por ser uma leguminosa cultivada em várias regiões do Brasil, uma mesma cultivar de feijão-caupi pode apresentar variações na duração do seu ciclo, com a prolongação do estágio vegetativo da cultura devido principalmente às condições ambientais (Andrade Júnior et al., 2018). Essa prolongação do tempo da cultura no campo pode reduzir a qualidade fisiológica das sementes, prejudicando a qualidade do produto final (Terasawa e Panobianco, 2009). Uma das formas para reduzir estes problemas é o uso de herbicidas para antecipar e viabilizar a colheita mecanizada (Vargas et al., 2018).

O paraquat era o herbicida mais utilizado para a dessecação em pré-colheita de culturas no Brasil, contudo, desde a sua proibição em 2020, tem aumentado a busca por novas moléculas de herbicidas que cumpram a finalidade da dessecação sem alterar a qualidade fisiológica das sementes (ANVISA, 2017; Raisse et al., 2020). Estudos observaram resultados positivos com a aplicação de saflufenacil no feijão-comum (McNaughton et al., 2015; Tavares et al., 2016), glifosato em trigo (Jaskulski e

Jaskulska, 2014) e diquat em soja (Zuffo et al., 2020). Para a dessecação no feijão-comum, estão disponíveis herbicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), tais como: diquat, saflufenacil, carfentrazone, flumioxazina, glufosinato de amônio. No entanto, não existem produtos registrados para o feijão-caupi e ainda há uma escassez de estudos que forneçam mais segurança ao uso de herbicidas nesta modalidade de aplicação para a referida cultura (Silva et al., 2016; Cruz et al., 2018).

Embora o uso dos herbicidas para dessecação seja uma prática importante para o cultivo do feijão-caupi, existem alguns fatores que devem ser considerados para a utilização destes com segurança (Silva et al., 2020), tais como: a dose aplicada, as condições ambientais, o mecanismo de ação e translocação do herbicida, resíduos e o estágio fenológico da cultura (Finoto et al., 2017). Além desses fatores, o horário de aplicação também pode ter influência positiva ou negativa sobre a ação dos herbicidas (Maciel et al., 2016).

A aplicação noturna confere condições favoráveis, como a diminuição da temperatura e o aumento da umidade relativa, além de favorecer as condições logísticas da propriedade (Camolese e Baio, 2016). Além disso, reduz a fotodegradação da molécula do herbicida (Roman, 2007). Cieslik et al. (2013) constataram que em ambientes com menor intensidade de luz, sob determinadas condições específicas, há melhorias no desempenho dos herbicidas. No entanto, as variáveis ambientais apresentam comportamento distinto de acordo com horário e o dia em que o herbicida for aplicado, tornando complexa a decisão e o entendimento do melhor horário de aplicação buscando a maior eficácia dos produtos (Correia, 2018). A aplicação noturna atua aumentando a translocação de alguns herbicidas e potencializa ainda mais a ação destes como dessecantes (Bahia, 2017).

A escolha dos herbicidas para a dessecação se relaciona diretamente à sua translocação. Assim, o mais adequado é que sejam utilizados herbicidas de contato, com baixa mobilidade na planta, de modo que não sejam distribuídos para as sementes (Rubenich et al., 2017). Os herbicidas com translocação sistêmica apresentam grande mobilidade na planta, podendo provocar o acúmulo de resíduos em grãos e sementes e com ação mais lenta, a qual desfavorece a dessecação e antecipação da colheita (Schneider et al., 2014; Rubenich et al., 2017).

Desta maneira, testou-se a hipótese de que a aplicação noturna pode causar efeitos negativos na qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. Portanto, os objetivos desse trabalho foram: (1) avaliar a eficácia de diferentes herbicidas para a

dessecação pré-colheita do feijão-caupi e seus efeitos sobre a qualidade fisiológica dessas sementes; (2) analisar as respostas enzimáticas e bioquímicas em plântulas de feijão-caupi oriundas de sementes submetidas à dessecação química.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área

A primeira etapa do experimento foi conduzida em campo, na Horta Didática do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, nos meses de junho a agosto de 2021. Segundo Thronthwaite, o clima é classificado DdAa', com temperaturas médias anuais de 27,5°C. A duração da estação chuvosa ocorre de fevereiro a maio, com precipitação pluvial média anual de 670 mm (Carmo Filho et al., 1991). Durante o período experimental, a precipitação pluviométrica acumulada foi de 6,35 mm e a temperatura média foi de 28,5°C, obtendo-se os dados coletados na Estação Meteorológica Automática, do Centro de Engenharias, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

O solo da área é classificado como argissolo vermelho-amarelo eutrófico (EMBRAPA, 2013). Para a caracterização química do solo antes da implantação do experimento, foi realizada a coleta de 15 amostras simples nas profundidades de 0,2 e 0,4 m, e em seguida as amostras foram homogeneizadas para obtenção de uma amostra composta, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do solo nas profundidades de 0,2 e 0,4 m na área experimental.

	pH	CE	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	H ₂ O	dS/m		mg/dm ³		cmolc/dm ³	
0,2 m	7,56	0,08	156,77	156,00	15,20	3,50	0,86
0,4 m	7,45	0,05	106,23	145,87	15,20	3,00	0,43

A área útil da parcela foi composta por quatro linhas de 4,0 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre si e 0,2 m entre plantas. A semeadura foi realizada no dia 08 de junho de 2021, colocando quatro sementes por cova e foi feito o desbaste 14 dias após o plantio, deixando apenas duas plantas por cova. A cultivar utilizada foi a

BRS Tumucumaque, caracterizada por ter um porte semiereto, ciclo de 70 a 75 dias e bom potencial produtivo (Oliveira et al., 2014).

Foram realizados os tratamentos culturais durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, conforme as recomendações técnicas. A adubação de cobertura foi realizada aos 30 dias após a semeadura (DAS) com a aplicação de 30 kg de N ha⁻¹, 15 kg de P ha⁻¹ e 10 kg de K ha⁻¹ (IPA, 2008), utilizando ureia (45% de N), fosfato monoamônico (54% de P₂O₅) e cloreto de potássio (60% de K₂O).

Para o manejo de plantas daninhas, foram realizadas capinas manuais, conforme o grau de infestação. O manejo fitossanitário foi realizado com duas aplicações do inseticida Connect[®] na dose de 700 mL ha⁻¹.

2.2 Tratamentos e arranjo experimental

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com três repetições e dez tratamentos. Foram testados os seguintes tratamentos: 1) diquat, 2) flumioxazina, 3) diquat + flumioxazina, 4) glufosinato de amônio, 5) saflufenacil, 6) carfentrazone, 7) diquat + carfentrazone, 8) atrazina, 9) glifosato, 10) testemunha sem aplicação. A caracterização dos herbicidas utilizados no experimento está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização dos herbicidas e doses utilizadas no experimento.

Ingrediente ativo	Produto Comercial	Dose do produto comercial	Dose aplicada do ingrediente ativo (i.a) / equivalente ácido (e.a)
Diquat	Reglone [®]	2,0 L ha ⁻¹	400,00 g i.a ha ⁻¹
Flumioxazina	Sumyzin [®]	50 mL ha ⁻¹	*25,00 g i.a ha ⁻¹
Diquat + Flumioxazina	Reglone [®] + Sumyzin500 [®]	2,0 L ha ⁻¹ + 50 mL ha ⁻¹	*400,00 g i.a ha ⁻¹ + 25,00 g i.a ha ⁻¹
Glufosinato	Fascinate BR [®]	2,0 L ha ⁻¹	400,00 g i.a ha ⁻¹
Saflufenacil	Heat [®]	140 g ha ⁻¹	98,00 g i.a ha ⁻¹
Carfentrazone-ethyl	Aurora [®]	125 mL ha ⁻¹	*50,00 g i.a ha ⁻¹
Diquat +	Reglone [®] +	2,0 L ha ⁻¹ +	*400,00 g i.a ha ⁻¹ +

Carfentrazone	Aurora®	125 mL ha ⁻¹	50,00 g i.a ha ⁻¹
Atrazina	Herbitrin®	5,0 L ha ⁻¹	*2,50 g i.a ha ⁻¹
Glifosato	Roundup original® DI	4,0 L ha ⁻¹	1.480 g e.a ha ⁻¹

*Adição de 0,5% v/v de óleo mineral à calda.

2.3 Caracterização da aplicação dos herbicidas

Os herbicidas foram aplicados aos 65 DAS, utilizando um pulverizador costal de pressão pressurizado a CO₂, com duas pontas de pulverização do modelo TT11002 com indução de ar e pressão de 2,5 bar. O volume de calda foi de 200 litros ha⁻¹ e as aplicações foram realizadas entre 19h00 e 20h00. As condições climáticas no horário da aplicação foram: velocidade do vento de 3,24 m/s e umidade relativa do ar de 71,17% (Estação Meteorológica Automática, Centro de Engenharias, UFERSA).

2.4 Colheita e preparo das sementes

Após a aplicação dos tratamentos, foram monitoradas diariamente a desfolha e dessecação das plantas. As vagens foram coletadas e levadas ao laboratório, e em seguida foram debulhadas de forma manual. A determinação do grau de umidade nas sementes foi realizada após a colheita de cada tratamento. Posteriormente, foi determinado o grau de umidade das sementes, utilizando-se duas repetições de 25 em estufa a 105±3 °C durante 24 horas, onde foi determinado o grau de umidade das sementes (Brasil, 2009). As sementes que apresentaram grau de umidade menor ou igual a 13,0% foram armazenadas em garrafas plásticas, em câmara refrigerada (17°C; ±40% UR) no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) para as análises de germinação, vigor e crescimento inicial de plântulas.

O tempo de dias de antecipação da colheita foi determinado pelo número de dias entre a aplicação dos herbicidas e a colheita, baseando-se no tempo adequado para a colheita do tratamento controle (testemunha).

2.5 Teste de germinação

Para os ensaios de germinação, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, as quais foram dispostas em rolos de papel “Germitest” umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos com cada tratamento e suas respectivas repetições foram colocados em sacos plásticos, mantidos a 25°C e fotoperíodo de 12 horas em uma câmara de germinação durante oito dias, quando foi obtida a porcentagem de germinação por meio da contagem de plântulas normais (Brasil, 2009).

2.6 Primeira contagem de germinação

A primeira contagem de germinação (PCG) correspondeu à porcentagem de plântulas normais emergidas (Brasil, 2009), com valores registrados no 5º dia após a semeadura.

2.7 Velocidade média de germinação

A velocidade média de germinação (VMG) foi determinada a partir de contagens diárias do número de sementes germinadas, de acordo com a fórmula proposta por Labouriau e Valadares (1976).

$$VMG = \frac{1}{t}$$

Em que: t = tempo médio de germinação.

2.8 Índice de velocidade de germinação

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi determinado mediante contagens diárias de plântulas normais. A contagem foi feita durante cinco dias (do 3º ao 8º dia após a semeadura), sendo o índice calculado de acordo com a equação proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G_1}{n_1} + \frac{G_2}{n_2} + \dots + \frac{G_i}{n_i}$$

Em que: IVG = índice de velocidade de emergência de plântulas; G = número de sementes germinadas a cada dia; n = número de dias transcorridos da semente à última contagem.

2.9 Comprimento e massa seca de raiz e parte aérea

O comprimento de raiz (CR) e parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e parte aérea (MSPA) foram realizados no final do teste de germinação (08 dias após a semente), sendo os cotilédones retirados e medidas a parte aérea e raiz primária das plântulas normais por meio de uma régua graduada em centímetros, com os resultados expressos em cm.plântula⁻¹.

As plântulas consideradas normais foram acondicionadas em sacos de papel e postas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C durante 72 h, determinando-se a massa seca da parte aérea e massa seca de raízes com o auxílio de uma balança analítica (0,0001 g). Os resultados foram expressos em g.plântula⁻¹.

2.10 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica foi mensurada utilizando quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, as quais foram colocadas em copos plásticos (capacidade de 200 mL) e pesadas em balança de precisão de 0,01 g. Após a pesagem, as sementes foram embebidas em 75 mL de água destilada e mantidas durante 24 h a 30°C (Dutra e Teófilo, 2007). Após esse período, foi mensurada a condutividade elétrica por meio do uso de um condutivímetro de bancada, sendo os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de semente.

2.11 Teste de envelhecimento acelerado

Para o teste de envelhecimento acelerado, foram acondicionadas 250 sementes de cada tratamento sobre telas de alumínio em caixas do tipo gerbox com 40 mL de água destilada. As caixas foram fechadas e mantidas em incubadora do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.) durante 48 h em uma temperatura de 42 °C (Dutra e Teófilo, 2007). Posteriormente, foi realizado o teste de germinação, com quatro repetições de 50 sementes para a avaliação das porcentagens de plântulas normais no quinto dia.

2.12 Análises bioquímicas e enzimáticas

Foram coletadas 10 amostras de plântulas normais presentes em cada repetição, sendo acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer (-10 °C). O preparo do extrato vegetal requerido para os testes bioquímicos foi feito pesando 0,2 g de massa fresca das plântulas e colocando-as em tubos hermeticamente fechados com a adição de 3 mL de álcool 60%. Em seguida, foi feita a maceração do material vegetal e os tubos foram colocados em banho-maria a 60°C durante 20 minutos e posteriormente submetidos à centrifugação. Após o processo de centrifugação, o sobrenadante foi coletado para a mensuração das variáveis bioquímicas.

2.12.1 Açúcares solúveis totais

O teor de açúcares solúveis foi determinado pelo método da Antrona (Yemm, Willis, 1954). Para essa análise, foi utilizada uma alíquota de 50 µL do extrato vegetal, adicionado-se 950 mL de água destilada. Em seguida, os tubos foram colocados em banho de gelo enquanto foram adicionados 2 mL de antrona. Os tubos foram agitados em vórtex e colocados novamente no banho de gelo e depois no banho-maria durante oito minutos. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a 620 nm. Os resultados foram expressos em mg de AST/g⁻¹ de massa fresca.

2.12.2 Prolina

A quantificação da prolina foi realizada a partir da metodologia proposta por Bates et al. (1973), colocando 1 mL do extrato vegetal, 1 mL de ninhidrina ácida e 1 mL de ácido acético glacial em tubos de ensaio e agitando-os. Em seguida, os tubos foram colocados em banho maria a 100 °C durante 1 h. Após esse período, os tubos foram resfriados em banho de gelo e foram adicionados 2 mL de tolueno para novamente serem agitados. Foi feita a aspiração com pipeta de Pasteur, e a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 520 nm. Os resultados foram expressos em µmol prolina.g⁻¹ de matéria fresca.

2.12.3 Aminoácidos solúveis totais

Para a quantificação dos aminoácidos totais (AAST), foi utilizado o método da ninhidrina ácida proposto por Yemm e Cocking (1955). Foi utilizada a glicina como substância padrão da curva. Os tubos de ensaio contendo as soluções foram agitados e levados para o banho maria a 100 °C por 20 minutos. Em seguida, foi adicionado o etanol 60% e os tubos foram agitados novamente. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 570 nm e os resultados foram expressos em $\mu\text{mol AAST/g}^{-1}$ de massa fresca.

2.12.4 Teor de clorofila

O teor de clorofila foi mensurado pesando 0,2 g de matéria fresca colocada em tubos de ensaio hermeticamente fechados e com a adição de 10 mL de acetona 80%. Os tubos foram mantidos durante 24 h em ultrafreezer. Após esse período, os extratos foram colocados em cubetas e foi realizada a leitura em espectrofotômetro com absorvâncias em 645, 652 e 663 nm para as clorofilas e 470 nm para os carotenoides (Scopel et al., 2011). Com as leituras, foram mensuradas as clorofilas a, b, a + b e total (Witham et al., 1971), os carotenoides (Lichtenthaler e Wellburn, 1983) e a razão entre clorofila a/b. Os resultados foram expressos em mg por grama de peso fresco de tecido foliar (mg g^{-1}).

2.12.5 Determinação e extração de proteínas

Para extração de proteínas, amostras de tecidos congelados (0,5 g) adicionadas com 25 mg de polivinilpirrolidona (PVP) foram maceradas em nitrogênio líquido e extraídas com tampão de acetato 0,1 mM (pH 5,0), contendo 0,5 mL de ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) 0,1 mM. Os extratos foram centrifugados a 10.000 rpm a 4 °C por 10 min e o sobrenadante foi utilizado na determinação das proteínas solúveis conforme Bradford (1976) e das atividades enzimáticas. Para a quantificação das proteínas, as leituras foram feitas em espectrofotômetro a 595 nm. Os resultados foram expressos em mg g^{-1} .

2.12.6 Catalase

A atividade da catalase foi determinada por espectrofotometria, conforme Haver e McHale (1987) com modificações de Azevedo et al. (2002). O ensaio da catalase foi

realizado em uma solução contendo 2,75 mL de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5), 100 μ L de extrato proteico e 120 μ L da solução de H₂O₂. Em seguida, foi determinado o consumo de H₂O₂ com base no decréscimo da absorbância a 240 nm durante um minuto. Os resultados foram expressos em μ mol/min/ mg prot.

2.12.7 Peroxidase

Foram adicionados em tubos de eppendorf 25 μ L de guaiacol (0,2 M), 250 μ L de peróxido de hidrogênio (0,38 M) e 1 mL do tampão fosfato de sódio (0,2 M pH 6,0). Os tubos foram agitados e a reação enzimática foi iniciada com a adição de 25 μ L do extrato proteico. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a 470 nm, intercaladas de 10 segundos durante um minuto. Os resultados foram expressos em U.E⁻¹ min⁻¹ de amostra (Bezerra Neto e Barretos, 2011).

2.12.8 Polifenoloxidase

A atividade da polifenoloxidase foi determinada seguindo a metodologia proposta por Campos et al. (2004). Foram adicionados em tubos criogênicos uma solução contendo 1,8 mL do tampão fosfato de potássio (0,05 M pH 6,0), 50 μ L do extrato proteico, 50 μ L de catecol (0,1 M). Os tubos foram agitados em vórtex e incubados durante 30 minutos a 30 °C, em seguida foram adicionados 100 μ L de ácido perclórico. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 395 nm e os resultados foram expressos em U.E⁻¹ min⁻¹ de amostra (Bezerra Neto e Barretos, 2011).

2.13 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância (Teste F) e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey (5% de probabilidade). As análises foram realizadas com o auxílio do *software* R (R Core Team, 2021). Para verificar a associação entre as variáveis, realizou-se uma Análise de Componentes Principais (ACP).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso dos herbicidas possibilitou a antecipação da colheita do feijão-caupi (Tabela 3). A dessecação química das plantas diminuiu o grau de umidade das sementes para níveis adequados à colheita mecanizada (< 18%) em cinco a onze dias antes da colheita do tratamento controle (Tabela 3). Os herbicidas mais eficientes para antecipação da colheita foram diquat isolado e as associações contendo diquat + flumioxazina e diquat + carfentrazone, os quais possibilitaram 11 dias de antecipação da colheita em relação ao tratamento controle (Tabela 3). Os herbicidas saflufenacil e glifosato anteciparam a colheita em oito dias, observando menor tempo de antecipação da colheita com a aplicação dos herbicidas glufosinato e atrazina (5 dias) (Tabela 3). Flumioxazina e carfentrazone não proporcionaram antecipação na colheita do feijão-caupi (Tabela 3).

Tabela 3. Grau de umidade de sementes recém-colhidas e tempo de antecipação da colheita sob a aplicação de herbicidas em plantas de feijão-caupi (BRS-Tumucumaque).

Herbicidas	Grau de umidade (%)	Antecipação da colheita (dias)
Diquat	10,7	11
Flumioxazina	10,6	0
Diquat + flumioxazina	10,8	11
Glufosinato	10,6	5
Saflufenacil	11,6	8
Carfentrazone	10,6	0
Diquat + carfentrazone	10,8	11
Atrazina	10,6	5
Glifosato	11,6	8
Testemunha	10,5	0

A antecipação da colheita de grãos e sementes do feijão depende da eficiência da dessecação dos herbicidas, razão pela qual produtos tidos como de contato podem promover a morte mais rápida das plantas por não apresentarem translocação em grandes distâncias nas plantas (Costa et al., 2018). Os tratamentos com o uso do diquat foram mais eficientes na antecipação da colheita, o que pode ter decorrido do modo de

ação desse herbicida, que promove rápido aparecimento de sintomas e, conseqüentemente, a morte da planta se dá em um menor intervalo de tempo (até dois dias após a aplicação) em até dois dias (Soltani et al., 2013). A fitotoxicidade causada pelo diquat se dá em virtude do desvio do fluxo de elétrons da fotossíntese, paralisando a ferredoxina e inibindo o fotossistema I (Singh e Tiwari, 2020). Os resultados obtidos demonstram que a aplicação na ausência de luz não alterou a eficiência da dessecação do diquat e outros herbicidas para tal finalidade, confirmando outros resultados que afirmam que a dessecação química pode antecipar a colheita do feijão-caupi em até 13 dias (Assis et al., 2019) e da soja em até sete dias (Lacerda et al., 2001).

Foram observadas diferenças significativas nas diferentes características de qualidade fisiológica sementes de feijão-caupi sob a aplicação dos herbicidas (Tabela 4). Todos os herbicidas aplicados causaram redução na formação de plântulas normais, com a maior redução para a combinação entre os herbicidas diquat e carfentrazone, influenciando negativamente na formação de plântulas, proporcionando 100% de plântulas anormais (Tabela 5). Flumioxazina e atrazina reduziram a formação de plântulas normais em 57% e 47%, respectivamente, em comparação com a testemunha (controle) (Tabela 5). O tratamento controle proporcionou a maior formação de plântulas normais, seguido pelo glufosinato de amônio (Tabela 5).

Tabela 4. Análise de variância da germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de plantas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita.

Fontes de variação	Teste F			
	G	PCG	VMG	IVG
Herbicidas	52,53**	43,73**	330,39**	49,07**
Média	48,15	43,80	0,29	7,73
CV (%)	7,80	8,97	3,89	7,34

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

CV: coeficiente de variação.

Tabela 5. Plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita.

Herbicidas	Plântulas normais	Plântulas anormais	Sementes mortas
------------	-------------------	--------------------	-----------------

	(%)	(%)	(%)
Diquat	49 bcd	49 cd	2 a
Flumioxazina	35 d	64 b	0 a
Diquat + flumioxazina	55 bc	44 cd	1 a
Glufosinato	59 b	40 d	1 a
Saflufenacil	51 bc	48 cd	0 a
Carfentrazone	49 bc	48 cd	2 a
Diquat + carfentrazone	0 e	100 a	0 a
Atrazina	43 cd	55 bc	1 a
Glyphosate	56 bc	43 cd	0 a
Testemunha	82 a	17 e	0 a
CV (%)	7,80	7,91	6,50

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação.

A diminuição na formação de plântulas normais demonstra que o desempenho fisiológico das sementes foi reduzido (Barbosa et al., 2017), refletindo-se no menor potencial germinativo ocasionado pelos herbicidas flumioxazina, atrazina e diquat + carfentrazone. Esses tratamentos podem ter ocasionado a redução de reservas necessárias à formação de raiz e parte aérea, causando estresse devido à escassez de fotoassimilados para a semente (Krenchinski et al., 2017). Os resultados obtidos por Raisse et al. (2020) em seu estudo com aplicação diurna de herbicidas em feijão-caupi constataram que plantas dessecadas com carfentrazone, flumioxazina e diquat obtiveram sementes com porcentual de germinação acima dos 80%, assim como a testemunha sem dessecação, o que pode evidenciar menor translocação desses herbicidas durante a manhã.

Em razão da anormalidade na germinação de sementes utilizando-se diquat + carfentrazone, não foi possível avaliar a primeira contagem de germinação, velocidade média e índice de velocidade de germinação durante o período experimental (Tabela 6). Além disso, observou-se que a primeira contagem de germinação (PCG) e a velocidade média de germinação (VMG) foi negativamente influenciada quando se utilizou flumioxazina e saflufenacil. Atrazina proporcionou menores valores de PCG e VMG

(Tabela 6). O tratamento controle e o glufosinato apresentaram maiores valores de PCG e VMG (Tabela 6).

Tabela 6. Primeira contagem de germinação (PCG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita.

Herbicidas	PCG	VMG	IVG
Diquat	45 bcd	0,3211 a	7,962 bcd
Flumioxazina	33 d	0,3218 a	5,787 d
Diquat + flumioxazina	52 bc	0,3288 a	8,383 bc
Glufosinato	55 b	0,3259 a	9,662 b
Saflufenacil	36 d	0,2876 b	7,712 bcd
Carfentrazone	47 bcd	0,3258 a	8,120 bc
Diquat + carfentrazone	0 e	0,0000 c	0,000 e
Atrazina	40 cd	0,3206 a	7,066 cd
Glyphosate	52 bc	0,3231 a	9,129 bc
Testemunha	76 a	0,3236 a	13,466 a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação.

A primeira contagem de germinação está relacionada ao vigor das sementes (Ferreira e Borguetti, 2004). A redução do vigor ocasiona problemas no estabelecimento de lavouras em cultivo sucessivo, pois sementes mais vigorosas têm mais facilidade de expressar seu potencial genético (Krzyzanowski et al. 2018). A velocidade média de germinação (VMG) reflete a capacidade de adaptação da espécie em condições desfavoráveis, sendo um indicativo de que sementes com maior VMG possuem mais facilidade de formar plântulas de alto desempenho. Os resultados obtidos na PCG e VMG demonstram que os herbicidas influenciaram negativamente a atividade metabólica das sementes, diminuindo a capacidade de transporte dos tecidos de reserva para a formação de plântulas de feijão-caupi (Krzyzanowski et al., 2018; França Neto e Krzyzanowski, 2018).

Todos os herbicidas causaram reduções no índice de velocidade de germinação (IVG), o qual foi menor em plantas dessecadas com flumioxazina, reduzindo 57% dos valores desta variável ao se comparar com a testemunha (Tabela 6). Além do

flumioxazina, atrazina, saflufenacil e diquat também proporcionaram redução no IVG. O maior valor de IVG obtido foi para o tratamento controle (Tabela 6).

Resultados distintos foram encontrados por Assis et al. (2019) utilizando paraquat, glufosinato de amônio, glifosato e a associação entre paraquat e diuron para dessecação em feijão-caupi, observando que a dessecação de plantas não influenciou negativamente no IVG. Os resultados obtidos demonstram que a aplicação noturna de herbicidas reduz a viabilidade de sementes do feijão-caupi. Essa viabilidade é determinada pelo processo de transferência da matéria seca na maturação, pois sementes com maior vigor geralmente possuem maior quantidade de reservas acumuladas e um bom suprimento energético e nutricional para a melhoria da qualidade fisiológica (Marcos Filho, 2015).

O comprimento de raiz e da parte aérea e a massa seca de raiz e da parte aérea foram influenciados pelo uso dos herbicidas aplicados na pré-colheita do feijão-caupi (Tabela 7). O comprimento de raiz foi reduzido com a utilização do diquat e saflufenacil, ao passo que os maiores valores foram observados quando se utilizou atrazina, seguido pelo tratamento controle (Tabela 8).

Tabela 7. Análise de variância de comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) dessecado com herbicidas na pré-colheita.

Fontes de variação	Teste F			
	CR	CPA	MSR	MSPA
Herbicidas	48,18**	138,11**	12,40**	11,15**
Média	8,63	6,00	0,22	1,98
CV (%)	7,07	6,39	5,23	8,61

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

CV: coeficiente de variação.

Tabela 8. Comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) dessecado com herbicidas na pré-colheita.

Herbicidas	CR (cm.plântula ⁻¹)	CPA (cm.plântula ⁻¹)	MSR (g.plântula ⁻¹)	MSPA (g.plântula ⁻¹)
Diquat	8,81 b	6,65 b	0,30 ab	2,53 ab

Flumioxazina	9,32 ab	6,48 b	0,20 ab	1,90 ab
Diquat + flumioxazina	9,22 ab	6,65 b	0,22 ab	2,28 ab
Glufosinato	9,07 b	5,28 c	0,24 ab	2,47 ab
Saflufenacil	8,73 b	7,38 ab	0,23 ab	1,98 ab
Carfentrazone	9,72 ab	7,36 ab	0,24 ab	1,91 ab
Diquat + carfentrazone	0,00 c	0,00 d	0,00 c	0,00 c
Atrazina	9,89 ab	7,31 ab	0,19 b	1,59 b
Glyphosate	10,20 ab	7,21 ab	0,29 ab	2,33 ab
Testemunha	11,31 a	8,21 a	0,32 a	2,82 a

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

A redução do comprimento da raiz e parte aérea foi observada na dessecação de outras culturas, como soja (Marcandalii et al., 2011) e trigo (Bellé et al., 2014). Silva (2020) constatou que os herbicidas que mais influenciaram no crescimento da raiz de plântulas do feijão-caupi foram o paraquat e saflufenacil. O aumento ou redução do comprimento de raiz entre os tratamentos demonstram diferenças no vigor das sementes de feijão-caupi (Vanzolini et al., 2007) e, em casos de diminuição radicular, há o maior número de anormalidade em plântulas (Daltro et al., 2010). Além disso, o estresse oxidativo proporcionado pelos herbicidas causa a redução da viabilidade celular por meio da ruptura da membrana celular, o que pode explicar a diminuição do crescimento de raiz e a quantidade de plântulas anormais (Mahapatra et al., 2019).

O comprimento da parte aérea de plântulas foi reduzido em 36% quando se aplicou o glufosinato (Tabela 8). A redução do crescimento de parte aérea observada pode ter sido em função do mecanismo de ação do glufosinato de amônio, que é um inibidor da enzima glutamina sintetase e promove, a partir do esgotamento de glutamina e glutamato, uma disfunção nas reações de assimilação do nitrogênio, principal nutriente responsável pelo crescimento vegetativo (Takano e Dayan, 2020).

A massa seca de raiz e massa seca de parte aérea foram afetadas negativamente com a utilização de atrazina, diminuindo em 40,6% e 43,7%, respectivamente (Tabela 8). Os menores valores de MSR e MSPA observados em plantas desseçadas com atrazina reportam que esse herbicida pode ter reduzido as reservas que promovem o desenvolvimento adequado das plantas de feijão-caupi (Krenchinski et al., 2017). A diminuição de massa seca de plântulas ocasionada pelo atrazina pode ser explicada pela imediata redução da taxa fotossintética causada por esse herbicida na cadeia de elétrons

com a inibição da fotossíntese, havendo o decréscimo da produção de energia e de açúcares essenciais para a formação das sementes e, conseqüentemente, da parte aérea das plântulas (Durigon et al., 2019).

A condutividade elétrica e teste de envelhecimento acelerado diferiram significativamente com a aplicação dos herbicidas na pré-colheita do feijão-caupi (Tabela 9). A maior condutividade elétrica foi observada nas sementes submetidas à aplicação de flumioxazina, atrazina, carfentrazone, glufosinato, ao passo que o saflufenacil apresentou valores inferiores na comparação com os demais herbicidas (Tabela 10).

Tabela 9. Análise de variância da condutividade elétrica (CE) e teste de envelhecimento acelerado (EA) de sementes de plantas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita.

Fontes de variação	Teste F	
	CE	EA
Herbicidas	12,20**	787,25**
Média	2200	77,00
CV (%)	6,35	3,76

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

CV: coeficiente de variação.

Tabela 10. Condutividade elétrica (CE) e teste de envelhecimento acelerado (EA) de sementes de plantas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita.

Herbicidas	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	EA
Diquat	2261 ab	0 c
Flumioxazina	2443 a	98 ab
Diquat + flumioxazina	2285 ab	92 b
Glufosinato	2351 a	99 ab
Saflufenacil	2191 ab	96 ab
Carfentrazone	2381 a	0 c
Diquat + carfentrazone	1971 bc	94 ab
Atrazina	2435 a	96 ab
Glyphosate	1996 bc	93 b
Testemunha	1689 c	100 a

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

O teste de condutividade elétrica avalia a integridade da membrana celular, responsável pelo teor de lixiviação de açúcares e aminoácidos na solução de embebição, portanto, quanto maiores forem a CE e os teores de lixiviados, maior será a desintegração das membranas e menor será o vigor da semente (França Neto e Krzyzanowski, 2018). Os resultados obtidos demonstram que os herbicidas flumioxazina, atrazina, carfentrazone e glufosinato proporcionaram maior desestabilização de membranas. Tais resultados confirmam a afirmação proposta por Botelho et al. (2016), para quem os herbicidas podem afetar negativamente a taxa de liberação dos solutos, resultando em sementes desuniformes e com menor IVG.

Em relação ao teste de envelhecimento acelerado (EA), observou-se que diquat e carfentrazone afetaram completamente a germinação de sementes e formação de plântulas normais do feijão-caupi (Tabela 8). Os demais tratamentos com a aplicação de herbicidas não foram tão prejudiciais às sementes de feijão-caupi no teste EA (Tabela 8).

O EA estima o potencial de armazenamento das sementes, sendo determinado desde a maturação em campo (França Neto e Krzyzanowski, 2018). Portanto, as sementes de feijão-caupi provenientes de plantas dessecadas com diquat e carfentrazone possuem baixa capacidade de armazenamento em virtude de maior nível de deterioração ocasionado pelos herbicidas (Zanatta et al., 2018a). Resultados semelhantes foram observados por Raisse et al. (2020), os quais, em seu estudo com feijão-caupi, constataram que a aplicação de diquat para a dessecação promove qualidade fisiológica inferior no EA.

Os teores de açúcares solúveis totais (AST), prolina e aminoácidos solúveis totais (AAST) foram influenciados por herbicidas aplicados na pré-colheita do feijão-caupi (Figura 1A, B e C). Os teores de açúcares solúveis totais reduziram quando se aplicou flumioxazina e diquat, sendo registrados 0,00589 e 0,00591 mg g⁻¹, respectivamente, ao passo que na testemunha os valores foram de 0,00608 (Figura 1A).

Os resultados observados para AST sugerem influência dos herbicidas na taxa de transporte de açúcares, na qual a diminuição no teor de AST observada no presente estudo pode indicar redução da biossíntese desses açúcares (Elhakem e ABD El-Salam, 2018), por meio da inibição do fotossistema I e consequente redução da fotossíntese causada pelo diquat, bem como pela inibição da protoporfirinogênio oxidase, enzima

essencial à biossíntese da clorofila (Meyers et al., 2020; Parvan et al., 2020). A diminuição de açúcares causada pela dessecação com diquat pode ser explicada pela redução de clorofila *a* e *b* ocasionada por esse herbicida no presente estudo, refletindo uma disfuncionalidade no processo fotossintético.

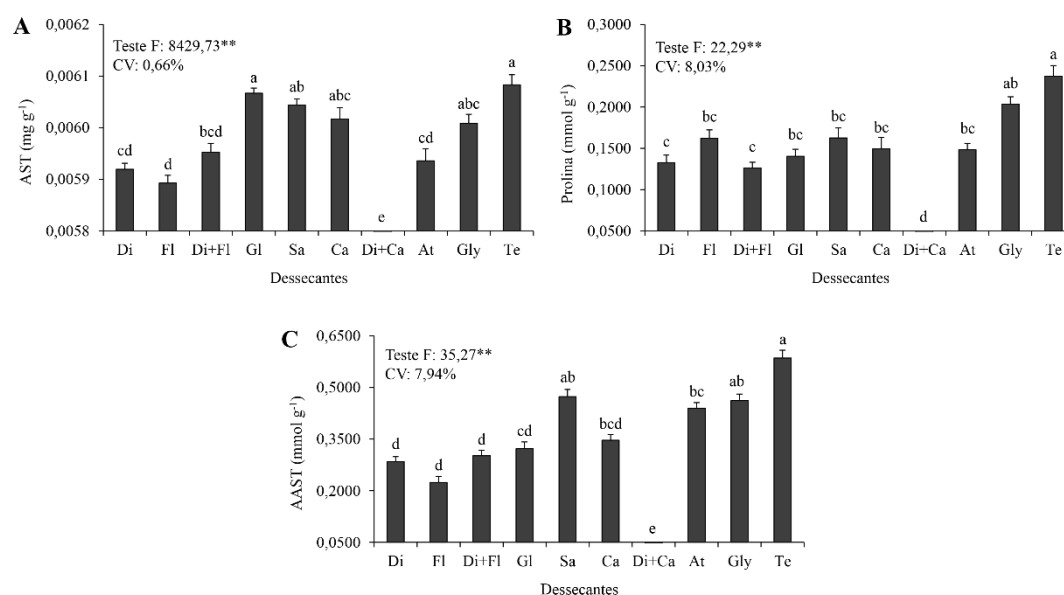
O teor de açúcares solúveis totais foi maior no tratamento controle e no tratamento com a aplicação de glufosinato (Figura 1A). O resultado obtido para AST com glufosinato mostra que a rápida inibição da assimilação do nitrogênio com a redução do crescimento causado por esse herbicida promove o acúmulo de açúcares que possivelmente seriam usados para o crescimento (Gil-Monreal et al., 2020). Confirmando essa explicação, o glufosinato de amônio reduziu o crescimento de parte aérea das plântulas de feijão-caupi.

Os herbicidas diquat + flumioxazina e diquat reduziram em até 44% o teor de prolina em plântulas de feijão-caupi (Figura 1B). Os resultados obtidos para prolina indicam que a redução desse aminoácido favoreceu a eficiência dos herbicidas supracitados para a dessecação, ocasionando maior tempo de antecipação da colheita (Liang et al., 2013).

Os maiores valores de prolina foram constatados no tratamento controle, seguido pelo composto pela aplicação de glifosato (Figura 1B). A prolina atua na sinalização, na modulação de funções celulares e na expressão de genes específicos para a recuperação da planta submetida a condições de estresse, seja o hídrico (Choudhary et al., 2005), salino (Hmida-Sayari et al., 2005), luminoso (Saradhi et al., 1995), oxidativo (Schat et al., 1997) e por agentes poluentes (Yang et al., 2009). Portanto, os tratamentos com maior acúmulo de prolina demonstram sua função osmorreguladora em plantas de feijão-caupi.

Foram observados decréscimos no teor de aminoácidos solúveis (AAST) quando se aplicou os herbicidas flumioxazina e diquat, com redução de até 62% (Figura 1C). A diminuição constatada nos AAST indica que as plantas de feijão-caupi que foram desseccadas com esses herbicidas possivelmente sofreram um estresse considerado abiótico, no qual as respostas da planta para essa condição envolvem diretamente o metabolismo de aminoácidos (Batista-Silva et al., 2019). Os resultados obtidos para o aumento de aminoácidos totais em alguns tratamentos podem ser explicados levando em consideração que em condições nas quais as subunidades dos fotossistemas são desestabilizadas há o maior acúmulo de aminoácidos, ao passo que a redução observada (diquat e flumioxazina) pode ter sido em função do uso de aminoácidos como substrato respiratório alternativo, sendo uma tentativa para compensar a desestabilização na

fotossíntese causada pelos herbicidas inibidores do FSI e da PROTOX (Araújo et al., 2011; Fromm et al., 2016).



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

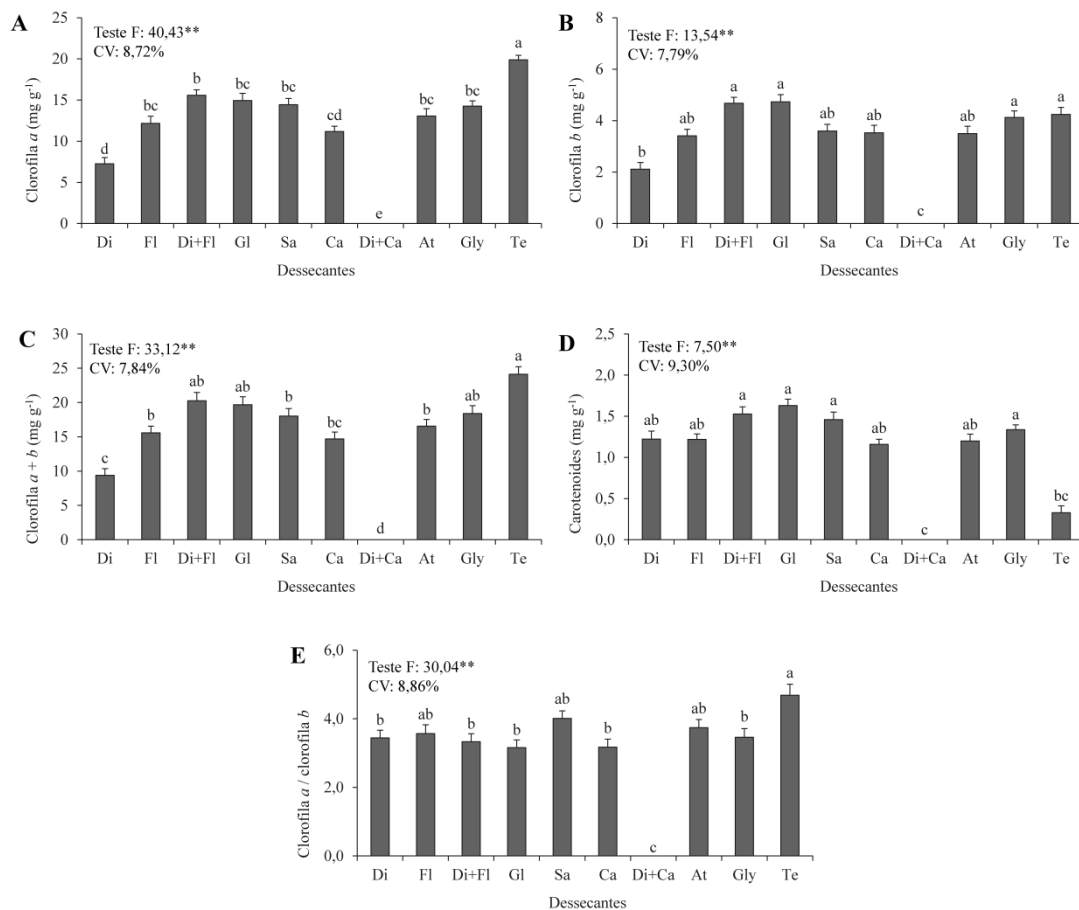
Figura 1. Açúcares solúveis totais (AST), prolina e aminoácidos solúveis totais (AAST) em plântulas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) dessecado com herbicidas na pré-colheita. Di: Diquat; Fl: Flumioxazina; Di+Fl: Diquat + flumioxazina; Gl: Glufosinato; Sa: Saflufenacil; Ca: Carfentrazone; Di+Ca: Diquat + carfentrazone; At: Atrazina; Gly: Glyphosate; Te: testemunha.

Os teores de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total foram influenciados negativamente pelo diquat, registrando os menores valores (Figura 2A, B e C). A diminuição nos teores de clorofila é caracterizada como indicador para o monitoramento dos danos em desenvolvimento de plântulas (Radwan et al., 2019). Os resultados obtidos para os teores de clorofila *a* e *b* confirmam a interferência do diquat em processos vitais das plantas, proporcionou, a partir da redução de clorofila, um decréscimo nos teores de açúcares essenciais ao desenvolvimento de plântulas, uma vez que a diminuição de pigmentos fotossintéticos está relacionada diretamente à redução da fotossíntese (Sharma et al., 2019a).

Para os carotenoides, foram observados aumentos com a aplicação dos herbicidas, ao passo que a testemunha apresentou o menor valor (Figura 2D). O aumento de carotenoides com a aplicação de herbicidas reflete sua função como

pigmento acessório para a captação de luz e como agente essencial para a proteção contra a fotooxidação ocasionada pela clorofila em seu estado triplet (Sandmann, 2002; Rosas-Saadreva e Stange, 2016), caracterizado como um composto antioxidante não enzimático (Agostinetti et al., 2015). De acordo com Salem e Sobki (2021), os herbicidas podem afetar de forma positiva ou negativa na formação dos cloroplastos, podendo causar aumento ou diminuição nos pigmentos fotossintéticos, sendo a suscetibilidade da planta influenciada pelo modo de ação de cada herbicida, bem como pelos valores de carotenoides constatados. Além disso, Duke e Kenyon (1986) constataram em seu estudo com feijão-caupi que o acúmulo de carotenoides foi reduzido em condições de alta luminosidade. Portanto, no presente estudo a aplicação noturna pode ter contribuído para o maior acúmulo de carotenoides.

A relação entre clorofila *a* e *b* apresentou os menores valores com o uso do glufosinato, carfentrazone, diquat + flumioxazina, diquat e glifosato (Figura 2E). Resultados semelhantes foram observados por Kaushik (2006), para quem a aplicação de herbicidas reduziu continuamente a clorofila em plantas de feijão mungo. A diminuição da clorofila observada em estudos com herbicidas na cultura do feijão-caupi pode ser explicada em função do aumento da expressão do gene *CHLASE*, que codifica a enzima clorofilase e promove o aumento da degradação da clorofila por meio da atividade dessa enzima (Sharma et al., 2019b). Os resultados obtidos para a clorofila *a*, *b* e a razão entre clorofila *a* e *b* elucidam ainda mais a função dos carotenoides como antioxidantes em condições de estresse causado por herbicidas, com o aumento de sua biossíntese (Sharma et al., 2016; Kaya e Doganlar 2016). No presente estudo, pôde-se observar aumento de carotenoides em virtude da redução dos teores de clorofila *a* e *b*.



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

Figura 2. Clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila *a + b*, carotenoides, razão entre clorofila *a* e clorofila *b* em plântulas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) dessecado com herbicidas na pré-colheita. Di: Diquat; Fl: Flumioxazina; Di+Fl: Diquat + flumioxazina; Gl: Glufosinato; Sa: Saflufenacil; Ca: Carfentrazone; Di+Ca: Diquat + carfentrazone; At: Atrazina; Gly: Glyphosate; Te: testemunha.

O teor de proteína e a atividade da catalase, peroxidase e polifenoloxidase foram influenciados com a aplicação dos herbicidas na pré-colheita do feijão-caupi (Figura 3A, B, C e D). O diquat e a associação diquat + flumioxazina reduziram o teor de proteína em 30,97% e 29,89%, respectivamente (Figura 3A). A redução constatada no teor de proteína pode ser explicada em virtude da diminuição nos aminoácidos totais causada pelos tratamentos supracitados, pois alterações na síntese de aminoácidos ocasionam o esgotamento de proteínas (Khan et al., 2006). A inibição causada por herbicidas na síntese de aminoácidos e proteínas foi constatada em outros estudos com soja (Moldes et al., 2008; Zobiolo et al., 2010) e fava (Badr et al., 2013). Zarzecka et al. (2020) consideraram a redução do teor de proteína causada por aplicações de herbicidas como uma resposta da planta às condições de estresse e fitotoxicidade.

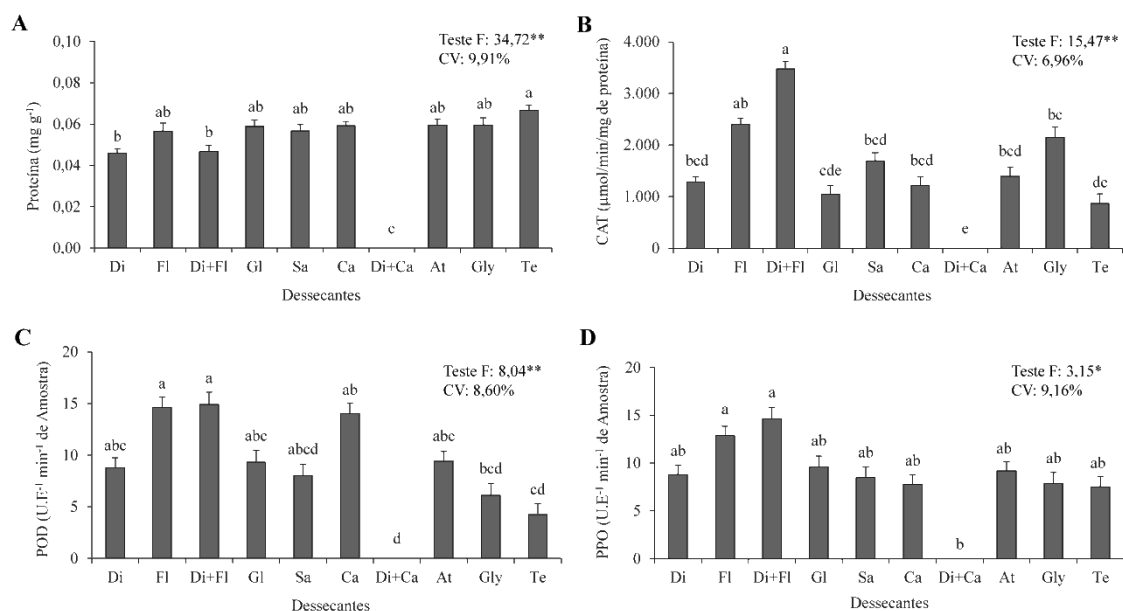
A atividade da catalase (CAT) foi maior no tratamento contendo aplicação de diquat + flumioxazina, com aumento de 75,04% em comparação à testemunha (Figura 3B). Flumioxazina e glifosato também proporcionaram aumento na atividade da CAT (Figura 3B). Em contrapartida, o menor valor observado foi no tratamento controle (Figura 3B). Os resultados obtidos confirmam a relação da CAT com a tentativa de neutralização dos herbicidas nas plantas, como uma estratégia de defesa (Peterson et al., 2016). Portanto, a aplicação desses herbicidas promove o aumento da síntese da CAT. O aumento constatado no presente estudo pode ser comparado com os resultados observados por Jiang et al. (2009), Zhang et al. (2014), Boulahia et al. (2016) e Pan et al. (2017), os quais constataram que a exposição de culturas como soja, arroz, feijão e trigo a herbicidas promove maior produção de espécies reativas de oxigênio e, conseqüentemente, o aumento da síntese de enzimas antioxidantes como, por exemplo, a catalase.

Para a enzima peroxidase (POD), foi constatado comportamento semelhante ao da CAT, com os maiores valores obtidos nas plantas submetidas à aplicação de diquat + flumioxazina e flumioxazina (Figura 3C). A POD é considerada uma indicadora de estresse biótico e abiótico, a qual tem como função a desintoxicação do H₂O₂ na planta (Barbosa et al., 2014). Tendo em vista esse aspecto, os resíduos de herbicidas podem ser fatores de estresse para as sementes e plântulas provenientes de plantas dessecadas (Fipke et al., 2021).

Os resultados obtidos para as enzimas antioxidantes em plântulas oriundas de sementes dessecadas com diquat + flumioxazina e flumioxazina não foram suficientes para superar o estresse oxidativo, uma vez que esses tratamentos promoveram redução na formação de plântulas normais, maior condutividade elétrica, diminuição nos teores de açúcares e prolina e redução de aminoácidos solúveis totais. Kim e Jung (2013), em seu estudo com arroz, constataram que o paraquat promoveu dessecação mais rápida, razão pela qual causou maior alteração no mecanismo de defesa das plantas, o que pode ser associado ao resultado obtido para diquat + flumioxazina no presente estudo. Em contrapartida, o resultado observado para flumioxazina isolado, que não foi eficiente para a dessecação, demonstra que este herbicida pode não ter se manifestado de modo favorável para dessecar, mas causou alterações nas características fisiológicas e bioquímicas das plântulas de feijão-caupi (Singh e Tiwari, 2020).

A atividade da polifenoloxidase (PPO) também foi maior nos tratamentos mencionados anteriormente (Figura 3D). Os demais tratamentos não apresentaram diferenças significativas para essa enzima (Figura 3D). A PPO é uma enzima

catalisadora da oxidação de compostos fenólicos em quinonas, a qual promove a produção de pigmentos que causam o escurecimento em tecidos danificados (Queiroz et al., 2008). Portanto, a maior atividade dessa enzima retrata que o uso de diquat + flumioxazina e flumioxazina para a dessecação do feijão-caupi pode reduzir a qualidade pós-colheita e a integridade do tecido, uma vez que a ação da PPO reduz a qualidade nutritiva e altera o sabor (Alvarenga et al., 2011).



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

Figura 3. Proteína, Catalase (CAT), Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO) em plântulas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) dessecado com herbicidas na pré-colheita. Di: Diquat; Fl: Flumioxazina; Di+Fl: Diquat + flumioxazina; Gl: Glufosinato; Sa: Saflufenacil; Ca: Carfentrazone; Di+Ca: Diquat + carfentrazone; At: Atrazina; Gly: Glyphosate; Te: testemunha.

De acordo com a análise de componentes principais (ACP), observou-se a concentração de 81,32% da variabilidade total de dados nos dois eixos, com 69,20% no primeiro e 12,12% no segundo (Figura 4). Observou-se que peroxidase (POD), catalase (CAT), carotenoides (Carot) e polifenoloxidase (PPO) estão fortemente correlacionados entre si. De acordo com o eixo principal (CP1), os autovetores POD, CAT, Carot e PPO estão localizados na porção extrema direita, com valores positivos, ao passo que EA se encontra na porção esquerda, com valores negativos, demonstrando a distinção entre

essas variáveis. O EA apresentou correlação negativa com as demais variáveis. A localização da CE na porção mediana do eixo 1 reflete que essa variável apresentou pouca contribuição com a variância total.

Pôde-se observar maior correlação entre as variáveis comprimento de parte aérea (CPA), velocidade média de germinação (VMG), açúcares solúveis totais (AST), comprimento de raiz (CR) e clorofila *b* (Clo *b*), demonstrando a associação entre essas variáveis (Figura 4). O teor de proteína (Prot), clorofila *a/b* (Clo *a/b*), massa seca da parte aérea (MSPA), clorofila total (Clo total), massa seca de raiz (MSR), clorofila *a* (Clo *a*), prolina (Prol), primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e aminoácidos solúveis totais (AAST) correlacionaram-se entre si (Figura 4).

Em relação aos tratamentos, o diquat + carfentrazone apresentou baixa correlação com as variáveis testadas, em razão da anormalidade de plântulas causada por essa associação de herbicidas (Figura 4). O tratamento controle apresentou maior associação com o teor de prolina, PCG, germinação, IVG e AAST em virtude da maior influência desse tratamento. Os tratamentos flumioxazina e diquat + flumioxaina apresentaram maior relação com as enzimas antioxidantes (CAT, POD e PPO), uma vez que proporcionaram maior influência nessas variáveis.

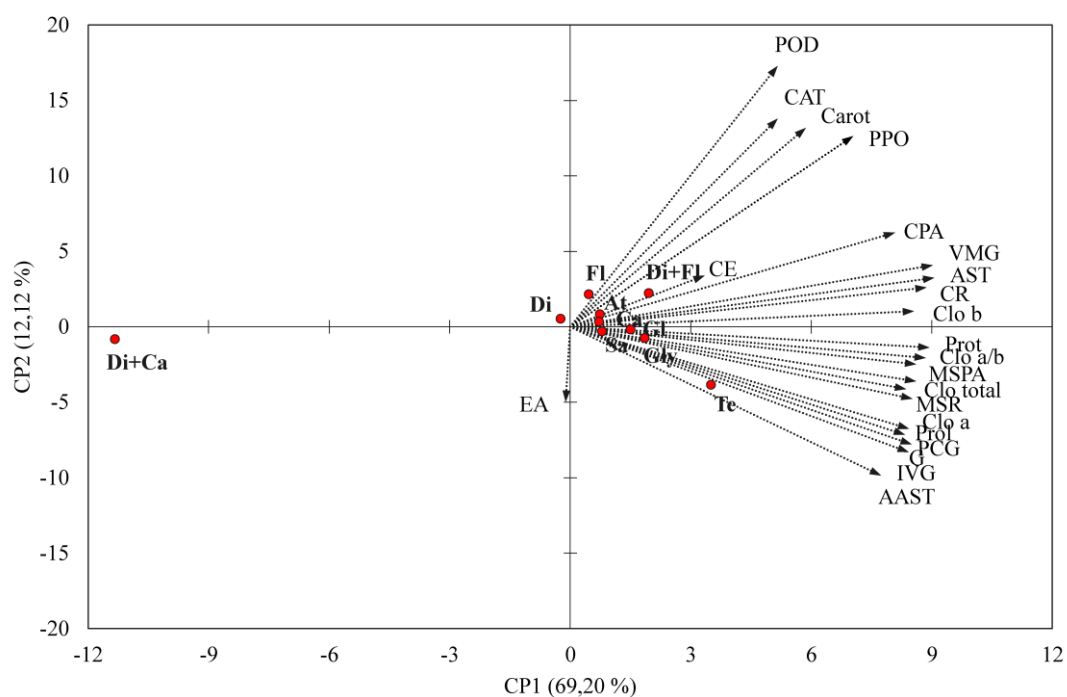


Figura 4. Análise de Componentes Principais entre as variáveis e tratamentos.

Os resultados obtidos evidenciam a relevância de estudos que relacionem a qualidade de sementes, respostas fisiológicas e enzimáticas com o uso de herbicidas na dessecação pré-colheita de culturas. Dessa forma, há maior segurança na escolha do produto e da dose. Além disso, o sucesso da lavoura dependerá primariamente da qualidade das sementes, a qual se reflete na maximização dos fatores de produção (Maciel e Tunes, 2021).

4 CONCLUSÕES

A aplicação noturna dos herbicidas para dessecação em pré-colheita do feijão-caupi causa danos na qualidade fisiológica de suas sementes. As respostas bioquímicas e enzimáticas foram negativas com a aplicação de diquat, flumioxazina e diquat + flumioxazina.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D. et al. Changes in photosynthesis and oxidative stress in wheat plants submitted to herbicides application. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 01–09, jan./mar. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582016340100001>. Acesso em: 07 jan. 2022.
- ALVARENGA, T. C. et al. Polifenoloxidase: uma enzima intrigante. **Ciência & Tecnologia**, Jaboticabal, v. 3, n. 1, p. 83–93, dez. 2011. Disponível em: <https://citec.fatecjaboticabal.edu.br/index.php/citec/article/view/60>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS E. A.; MONTEIRO, J. E. B. **Zoneamento agrícola de risco climático para o feijão-caupi em cultivo convencional e plantio direto no estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2017. 26 p.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária Consulta Pública nº 72, de 29 de setembro de 2017. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- ARAÚJO, W. L. et al. Protein degradation – An alternative respiratory substrate for stressed plants. **Trends in Plant Science**, Amsterdã, v. 16, n. 9, p. 489–498, set. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2011.05.008>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- ASSIS, M. D. O. et al. Pre-harvest desiccation in productivity and physiological quality of cowpea seeds. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, p. 1–11, set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100014>. Acesso em: 7 jan. 2022.

- AZEVEDO, R. A.; ALAS, R. M.; SMITH, R. J.; LEA, P. J. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in leaves and roots of wild-type and catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 104, n. 2, p. 280–292, jan. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1998.1040217.x>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- BADR, A. et al. Cytophysiological impacts of Metosulam herbicide on *Vicia faba* plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, Cham, v. 35, n. 6, p. 1933–1941, fev. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11738-013-1232-y>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- BAHIA, H. T. **Eficácia da aplicação noturna e diurna de paraquat e da mistura paraquat + diuron sobre o controle da buva e braquiária**. 2017. 20f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017. Disponível em: <https://www.agn.ufv.br/wp-content/uploads/2017/08/Henrique-Teixeira-Bahia-TCC.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2022.
- BARBOSA, A. P. et al. Subdoses de glifosato no processo germinativo e desenvolvimento de plântulas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 2, p. 240–250, dez. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n2p240-250>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- BARBOSA, M. R. et al. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 453–460, mar. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000300011>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- BATES, L. S.; WALDRAN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant Soil**, Cham, v. 39, p. 205–207, ago. 1973. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00018060>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- BATISTA-SILVA, W. et al. The role of amino acid metabolism during abiotic stress release. **Plant, Cell & Environment**, Hoboken, v. 42, n. 5, p. 1630–1644, mai. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/pce.13518>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- BELLÉ, C. et al. Yield and quality of wheat seeds as a function of desiccation stages and herbicides. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 63–70, jan. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/frHHcNNSGfmsJvzQQpyLMmF/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em plantas**. Recife: UFRPE, 2011.

BOTELHO, F. J. E. et al. Qualidade de sementes de soja equivalente de diferentes cultivares submetidas à dessecação com diferentes herbicidas e épocas de aplicação. **Revista Agro@ambiente**, Boa Vista, v. 10, n. 2, p. 137–144, abr./jun. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i2.2760>. Acesso em: 7 jan. 2022.

BOULAHIA, K.; CAROL, P.; PLANCHAIS, S.; ABROUS-BELBACHIR, O. *Phaseolus vulgaris* L. mudas expostas a solo contaminado com herbicida prometryn desencadeia uma resposta ao estresse oxidativo. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Rockville, v. 64, n. 16, p. 3150–3160, abr. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00328>. Acesso em: 7 jan. 2022.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, Amsterdã, v. 72, p. 248–259, mai. 1976. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3). Acesso em: 7 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análises de sementes**. Brasília: MAPA/SDA/ACS, 2009. 399 p.

CAMOLESE, H. S.; BAILO, F. H. R. Deposição de agrotóxicos pela pulverização noturna em volume de aplicação reduzido na cultura do algodoeiro. **Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 34, p. 365–373, jul. 2016. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/4423>. Acesso em: 7 jan. 2022.

CAMPOS, A. D. et al. Atividade de peroxidase e polifenoloxidase na resistência do feijão a antracnose. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 637–643, jul. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000700004>. Acesso em: 7 jan. 2022.

CARMO FILHO, F. D.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados climatológicos de Mossoró**: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspectos florístico. Mossoró: ESAM, 1991.

CASTOLDI, C. T. et al. Physiological quality of carioca bean seeds submitted to the application of desiccant herbicides in two periods. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, p. 1–13, fev. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100154>. Acesso em: 7 jan. 2022.

CHOUDHARY, N. L.; SAIRAM, R. K.; TYAGI, A. Expression of Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase gene during drought in rice (*Oryza sativa* L.). **Indian Journal of Biochemistry & Biophysics**, New Delhi, v. 42, p. 366–370, 2005.

CIESLIK, L. F.; VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Fatores ambientais que afetam a eficácia de herbicidas inibidores da ACCase: revisão. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 483–489, jun. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000200026>. Acesso em: 26 jan. 2022.

CORREIA, N. M. **Comportamento dos herbicidas no ambiente**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2018. 30 p.

COSTA, A. G. et al. Pre-harvest desiccation of castor crop using 2,4-D and glyphosate. **Industrial Crops and Products**, Amsterdã, v. 122, p. 261–265, out. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.070>. Acesso em: 7 jan. 2022.

CRUZ, A. B. S. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultura do feijão-caupi na Savana Amazônica. **Nativa**, Sinop, v. 6, n. 6, p. 625–630, nov./dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i6.5732>. Acesso em: 7 jan. 2022.

DALTRO, E. M. F. et al. Aplicação de desseccantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 111–122, mai. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000100013>. Acesso em: 7 jan. 2022.

DUKE, S. O.; KENYON, W. H. Effects of dimethazone (FMC 57020) on chloroplast development: II. Pigment synthesis and photosynthetic function in cowpea (*Vigna unguiculata* L.) primary leaves. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Amsterdã, v. 25, n. 1, p. 11–18, fev. 1986. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0048-3575\(86\)90026-X](https://doi.org/10.1016/0048-3575(86)90026-X). Acesso em: 7 jan. 2022.

DURIGON, M. R. et al. Does spraying of atrazine on triazine-resistant canola hybrid impair photosynthetic processes? **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, p. 1–11, set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100087>. Acesso em: 7 jan. 2022.

DUTRA, A. S.; TEÓFILO, E. M. Envelhecimento acelerado para avaliar o vigor de sementes de feijão caupi. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 193–197, abr. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000100027>. Acesso em: 26 jan. 2022.

ELHAKEM, A. H.; ABD EL-SALAM, M. M. Elimination of the effect of some herbicides on the growth of *Zea mays* and accumulation in the soil using urea. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 36, p. 1–11, jan. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100104>. Acesso em: 7 jan. 2022.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 324 p.

FINOTO, E. L. et al. Antecipação e retardamento de colheita nos teores de óleo e proteína das sementes de soja, cultivar Valiosa RR. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 8, n. 2, p. 99–107, mar. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.02.02>. Acesso em: 7 jan. 2022.

FIPKE, G. M. et al. Morphology and enzymatic activity of seedlings from wheat desiccated in pre-harvest. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 43, p. 1–11, set. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.44974>. Acesso em: 7 jan. 2022.

FOLLMANN, D. N. et al. Relações lineares entre caracteres de soja safrinha. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 213–221, jan. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.19084/RCA16027>. Acesso em: 7 jan. 2022.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. **O vigor e o desempenho das sementes**. Brasília: Associação Brasileira de Sementes e Mudas, 2018.

FROMM, S. et al. Depletion of the “gamma-type carbonic anhydrase-like” subunits of complex I affects central mitochondrial metabolism in *Arabidopsis thaliana*. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics**, Amsterdã, v. 1857, p. 60–71, jan. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bbabi.2015.10.006>. Acesso em: 7 jan. 2022.

GIL-MONREAL, M.; ROYUELA, M.; ZABALZA, A. Hypoxic treatment decreases the physiological action of the herbicide Imazamox on *Pisum sativum* roots. **Plants**, Basel, v. 9, n. 8, p. 1–14, ago. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants9080981>. Acesso em: 7 jan. 2022.

HAVIR, E.; McHALE N. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, Oxford, v. 84, n. 2, p. 450–455, jun. 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.84.2.450>. Acesso em: 7 jan. 2022.

HMIDA-SAYARI, A. et al. Overexpression of $\Delta 1$ -pyrroline-5-carboxylate synthetase increases proline production and confers salt tolerance in transgenic potato plants. **Plant Science**, Amsterdã, v. 169, n. 4, p. 746–752, out. 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.05.025>. Acesso em: 7 jan. 2022.

IPA - INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. Recife: IPA. 2008. 212 p.

- JASKULSKI, D.; JASKULSKA, I. The effect of pre-harvest glyphosate application on grain quality and volunteer winter wheat. **Romanian Agricultural Research**, v. 31, p. 283–289, jan. 2014. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143417247>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- JIANG, L.; YANG, H. Prometryne-induced oxidative stress and impact on antioxidant enzymes in wheat. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdã, v. 72, p. 1687–1693, set. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.04.025>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- KAUSHIK, S. Phytotoxicity of selected herbicides to mung bean (*Phaseolus aureus* Roxb.). *Environmental and Experimental Botany*, Amsterdã, v. 22, p. 41–48, jan. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.09.010>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- KAYA, A.; DOGANLAR, Z. B. Exogenous jasmonic acid induces stress tolerance in tobacco (*Nicotiana tabacum*) exposed to imazapic. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdã, v. 124, p. 470–479, fev. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.11.026>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- KIM, J. G.; JUNG, S. Differential antioxidant mechanisms of rice plants in response to oxyfluorfen and paraquat. **Weed & Turfgrass Science**, Daejeon, v. 2, n. 3, p. 254–259, set. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5660/WTS.2013.2.3.254>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- KRENCHINSKI, F. H. et al. Yield and physiological quality of wheat seeds after desiccation with different herbicides. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 39, n. 3, p. 254–261, jul./set. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v39n3172506>. Acesso em: 26 jan. 2022.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Londrina: Embrapa, 2018.
- LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 263–284, 1976. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302968715>. Acesso em: 26 jan. 2022.
- LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; WALTER FILHO, V.V. Aplicação de desseccantes na cultura de soja: antecipação da colheita e produção de sementes. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 381–390, dez. 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582001000300011>. Acesso em: 26 jan. 2022.

LIANG, X.; ZHANG, L.; NATARAJAN, S. K.; BECKER, D. F. Proline mechanisms of stress survival. **Antioxidants & Redox Signaling**, New Rochelle, v. 19, n. 9, p. 998–1011, mai. 2013 Disponível em: <https://doi.org/10.1089/ars.2012.5074>. Acesso em: 7 jan. 2022.

LICHTENTHALER, H.; WELLBURN, A. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, London, v. 11, n. 5, p. 591–592, out. 1983. Disponível em: <https://doi.org/10.1042/bst0110591>. Acesso em: 7 jan. 2022.

MACIEL, C. D. G. et al. Eficiência de controle de cipó-de-veado por glyphosate e glyphosate + 2,4-D em diferentes horários de aplicação. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 15, n. 4, p. 380–387, dez. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v15i4.499>. Acesso em: 7 jan. 2022.

MACIEL, L. M.; TUNES, L. V. M. A importância do controle de qualidade nas sementes de milho. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 5, p. 49934–49938, mai. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv.v7i5.30011>. Acesso em: 03 fev. 2022.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176–177, mar. 1962. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/journal/14350653>. Acesso em: 26 jan. 2022.

MAHAPATRA, K.; DE, S.; BANERJEE, S.; ROY, S. Pesticide mediated oxidative stress induces genotoxicity and disrupts chromatin structure in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seedlings. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdã, v. 369, p. 362–374, mai. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.02.056>. Acesso em: 26 jan. 2022.

MARCANDALLI, L. H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I. C. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, p. 241–250, jun. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000200006>. Acesso em: 7 jan. 2022.

MARCANDALLI, L. H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I. G. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: Qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 241–250, fev. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000200006>. Acesso em: 26 jan. 2022.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015.

- MATIAS, T. P.; BRAGA, J. K.; DAMASCENO L. H. S.; BRUCHA, G. Overview of atrazine biodegradation under different oxidation-reduction conditions. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 8, p. 1–16, jul. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17689>. Acesso em: 26 jan. 2022.
- McNAUGHTON, K. E. et al. Effect of application timing of glyphosate and saflufenacil as desiccants in dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 95, n. 2, p. 369–375, jan. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.4141/cjps-2014-157>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- MEYERS, S. L.; JENNINGS, K. M.; MILLER, D. K.; SHANKLE, M. W. Response of sweetpotato to diquat applied pretransplanting. **Weed Technology**, Washington, v. 34, n. 5, p. 637–641, mai. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/wet.2020.27>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- MOLDES, C. A. et al. Biochemical responses of glyphosate resistant and susceptible soybean plants exposed to glyphosate. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 30, n. 4, p. 469–479, jul. 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11738-008-0144-8>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- OLIVEIRA, I. J. et al. **BRS Tumucumaque-cultivar de feijão-caupi com valor nutritivo para o Amazonas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014. 4 p.
- PAN, D. et al. Interactions between salicylic acid and antioxidant enzymes tilting the balance of H₂O₂ from photorespiration in non-target crops under halosulfuron-methyl stress. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Amsterdã, v. 143, p. 214–223, nov. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.09.007>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- PARVAN, L. G. et al. Bioensaio com *Allium cepa* revela genotoxicidade de herbicida com flumioxazina. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, Levilândia, v. 11, p. 1–10, set. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5123/s2176-6223202000544>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2012.
- QUEIROZ, C.; MENDES LOPES, M. L.; FIALHO, E.; VALENTE-MESQUITA, V. L. Polyphenol oxidase: characteristics and mechanisms of browning control. **Food Reviews International**, London, v. 24, n. 4, p. 361–375, set. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/87559120802089332>. Acesso em: 7 jan. 2022.

- R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 20 jan. 2022.
- RADWAN, D. E. M. et al. Oxidative stress caused by Basagran® herbicide is altered by salicylic acid treatments in peanut plants. **Heliyon**, Amsterdã, v. 5, n. 5, p. 1–8, mai. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01791>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- RAISSE, R. R. et al. Efeito de dessecantes químicos na antecipação da colheita e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 4, p. 878–887, out./dez. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/8913>. Acesso em: 24 jan. 2022.
- ROMAN, E. S. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Berthier, 2007.
- ROSAS-SAAVEDRA, C.; STANGE, C. Biosynthesis of carotenoids in plants: Enzymes and color. In: STANGE, C. (org.). **Carotenoids in nature**. Subcellular Biochemistry. Cham: Springer, 2016. p. 35–69.
- RUBENICH, R. et al. Efeito da redução de luz na seletividade a herbicidas e rendimento de grãos do trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 16, n. 4, p. 296–306, out./dez. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i4.572>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- SALEM, R. E. M. E.; SOBKI, A. E. A. Physiological and biochemical parameters as an index for herbicides damage in wheat plants. **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences**, Zagazig, v. 13, n. 2, p. 25–35, fev. 2021. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.21608/eajbsf.2021.182445>. Acesso em: 26 jan. 2022.
- SANDMANN, G. Bleaching herbicides: Action mechanism in carotenoid biosynthesis, structural requirements and engineering of resistance. In: BÖGER, P.; WAKABAYASHI K.; HIRAI K. (org.). **Herbicide classes in development**. Berlin: Springer, 2002. p. 43–57.
- SARADHI, P. P.; ALIAARORA, S.; PRASAD, K. V. S. K. Proline accumulates in plants exposed to UV radiation and protects them against UV-induced peroxidation. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, Amsterdã, v. 209, n. 1, p. 1–5, abr. 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1006/bbrc.1995.1461>. Acesso em: 7 jan. 2022.

SCHAT, H.; SHARMA, S. S.; VOOIJS, R. Heavy metal-induced accumulation of free proline in a metal-tolerant and a nontolerant ecotype of *Silene vulgaris*. **Physiologia plantarum**, New Jersey, v. 101, n. 3, p. 477–482, abr. 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1997.tb01026.x>. Acesso em: 7 jan. 2022.

SCHNEIDER, M. V.; ROSA, M. F.; LOBO, V. S.; BARICATTI, R. A. Degradação fotocatalítica de bentazone com TiO₂. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 61–66, jan./mar. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000100007>. Acesso em: 7 jan. 2022.

SCOPEL, W.; BARBOSA, J. Z.; VIEIRA, M. L. Extração de pigmentos foliares em plantas de canola. **Unoesc & Ciência-ACET**, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 87–94, jan. 2011. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/137>. Acesso em: 7 jan. 2022.

SHARMA, A. et al. Castasterone attenuates insecticide induced phytotoxicity in mustard. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdã, v. 179, p. 50–61, set. 2019b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.03.120>. Acesso em: 7 jan. 2022.

SHARMA, A. et al. Effect of seed pre-soaking with 24-epibrassinolide on growth and photosynthetic parameters of *Brassica juncea* L. in imidacloprid soil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdã, v. 133, p. 195–201, nov. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.07.008>. Acesso em: 7 jan. 2022.

SHARMA, A. et al. Photosynthetic response of plants under different abiotic stresses: a review. **Journal of Plant Growth Regulation**, Cham, v. 39, p. 509–531, ago. 2019a. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00344-019-10018-x>. Acesso em: 7 jan. 2022.

SILVA, I. F.; FENILLI JUNIOR, A.; LORENZETTI, E. Efeito de dessecantes na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 9, n. 3, p. 224–242, jul./set. 2016. Disponível em: https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/58051ee3ac38a.pdf. Acesso em: 7 jan. 2022.

SILVA, J. N. et al. Cowpea yield and quality after application of desiccating herbicides. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 42, p. 1–11, jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v422228204>. Acesso em: 26 jan. 2022.

SILVA, J. N. **Produção e qualidade de sementes de feijão-caupi após a dessecação e armazenamento**. 2020. 66f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1390>. Acesso em: 7 jan. 2022.

- SINGH, S.; TIWARI, S. Responses of plants to herbicides: Recent advances and future perspectives. In: Chauhan, D. K.; Tripathi, D. K.; Ramawat, N.; Prasad, S. M.; Sharma, S.; Singh, V. P.; Dubey, N. K. (org.). **Plant Life Under Changing Environment: Responses and Management**. Amsterdã: Elsevier, 2020. p. 237–250.
- SOLTANI, N. et al. Desiccation in dry edible beans with various herbicides. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v. 93, p. 871–877, set. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.4141/cjps2013-061>. Acesso em: 23 jan. 2022.
- TAKANO, H. K.; DAYAN, F. E. Glufosinate-ammonium: a review of the current state of knowledge. **Pest Management Science**, New Jersey, v. 76, n. 12, p. 3911–3925, jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ps.5965>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- TAVARES, C. J. et al. Qualidade fisiológica e sanitária do feijão azuki dessecado e armazenado sementes. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, p. 66–75, mar. 2016. Disponível em: https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/4671/pdf_337. Acesso em: 7 jan. 2022.
- TERASAWA, J. M.; PANOBIANCO, M. Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 765–773, set. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000300025>. Acesso em: 25 jan. 2022.
- VANZOLINI, S.; ARAKI, C. A. D. S.; SILVA, A. C. T. M. D.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, p. 90–96, ago. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000200012>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- VARGAS, R. L. et al. Macronutrients and micronutrients variability in soybean seeds. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 10, n. 4, p. 209–222, out. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n4p209>. Acesso em: 2 fev. 2022.
- WITHAM, F. H.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. **Experiments in Plant Physiology**. New York: D. Van Nostrand Company, 1971.
- YANG, S. L.; LAN, S. S.; GONG, M. Hydrogen peroxide-induced proline and metabolic pathway of its accumulation in maize seedlings. **Journal of Plant Physiology**, Rockville, v. 66, n. 15, p. 1694–1699, out. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.04.006>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino acids with ninhydrin. **The Analyst**, Cambridge v. 80, n. 948, p. 209–213, mar. 1955. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/AN9558000209>. Acesso em: 7 jan. 2022.

- YEMM, E. W.; WILLIS, A. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, Rockville, v. 57, n. 3, p. 508–514, jul. 1954. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1042%2Fbj0570508>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- ZANATTA, E. et al. Pre-harvest Desiccation: Productivity and physical and physiological inferences on soybean seeds during storage. **Journal of Agricultural Science**, Richmond Hill, v. 10, n. 6, p. 354–362, jun. 2018a. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n6p354>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- ZANATTA, T. P. et al. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja colhidas em diferentes períodos de maturação. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 11, n. 1, p. 89–106, jan./mar. 2018b. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/852/779>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- ZARZECKA, K.; GUGAŁA, M.; MYSTKOWSKA, I.; SIKORSKA, A. Total and true protein content in potato tubers depending on herbicides and biostimulants. **Agronomy**, Basel, v. 10, n. 8, p. 1–10, jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10081106>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- ZHANG, J. J. et al. Acumulação e resposta toxicológica de atrazina em colheitas de arroz. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdã, v. 102, p. 105–112, abr. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.12.034>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- ZOBIOLE, L. H. S. et al. Nutrient accumulation and photosynthesis in glyphosate-resistant soybeans is reduced under glyphosate use. **Journal of Plant Nutrition**, London, v. 33, n. 12, p. 1860–1873, ago. 2010. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1080/01904167.2010.491890>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- ZUFFO, A.; AGUILERA, J. G.; CARVALHO, E. R.; TEODORO, P. E. Harvest times with chemical desiccation and the effects on the enzymatic expression and physiological quality of soybean seeds. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 2, p. 361–370, abr./jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n209rc>. Acesso em: 7 jan. 2022.

CAPÍTULO II

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI EM FUNÇÃO DE DIFERENTES HORÁRIOS DE APLICAÇÃO DE HERBICIDAS PARA DESSECAÇÃO EM PRÉ-COLHEITA

RESUMO

A utilização de herbicidas tem se tornado uma alternativa eficaz para antecipação de colheita em culturas agrícolas. Contudo, as condições climáticas ao longo do dia podem influenciar de forma positiva ou negativa a ação dos herbicidas e alterar a eficiência da dessecação. Diante disso, neste trabalho avaliou-se os efeitos da aplicação em diferentes horários de herbicidas em pré-colheita na qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. O experimento de campo foi desenvolvido em Mossoró-RN, durante o período de outubro a dezembro de 2021. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 3 + 1, com três repetições. Os tratamentos foram compostos por combinações de três herbicidas (diquat, diquat + carfentrazone e diquat + flumioxazina) e três horários de aplicação (6h00, 12h00 e 18h00), mais uma testemunha (sem aplicação). Após a colheita, foram realizados o teste de germinação, primeira contagem, velocidade média, índice de velocidade de germinação, comprimento e massa seca de raiz e parte aérea de plântulas, teste de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. A aplicação dos herbicidas às 12h00 acarretou em sementes com menores valores de germinação. Esse horário também proporcionou redução na primeira contagem de germinação (PCG) e velocidade média de germinação (VMG) com a aplicação de diquat e diquat + flumioxazina. O índice de velocidade de germinação (IVG) foi reduzido com a aplicação diquat + carfentrazone e diquat + flumioxazina às 12h00. Em contrapartida, constatou-se redução de 48,19 % do comprimento de raiz na aplicação noturna de diquat + flumioxazina. A aplicação noturna também ocasionou decréscimos na massa seca de raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA) com a aplicação de diquat + flumioxazina. No teste de envelhecimento acelerado, a aplicação de diquat e diquat + flumioxazina indicou diminuição de 35,52% e 39,46%, respectivamente. Os maiores valores de condutividade elétrica (CE) foram obtidos com a aplicação de diquat + carfentrazone às 6h00 e 12h00. Os diferentes horários de aplicação causaram efeitos distintos na qualidade fisiológica das sementes de feijão-caupi. Os herbicidas, em todos os horários de aplicação, reduziram a germinação e vigor das sementes, além do crescimento inicial das plântulas.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Dessecantes. Maturidade fisiológica. Qualidade de sementes. Germinação. Vigor.

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF COWBEAN SEEDS AT DIFFERENT TIMES OF APPLICATION OF DESICCANT HERBICIDES

ABSTRACT

The use of herbicides has become an effective alternative for harvest anticipation in agricultural crops. However, weather conditions throughout the day can positively or negatively influence the action of herbicides and change the efficiency of desiccation. Therefore, this work evaluated the effects of pre-harvest herbicide application at different times on the physiological quality of cowpea seeds. The field experiment was carried out in Mossoró-RN, during the period from October to December 2021. The experimental design used was in randomized blocks, in a 3 x 3 + 1 factorial scheme, with three replications. The treatments consisted of combinations of three herbicides (diquat, diquat + carfentrazone and diquat + flumioxazin) and three application times (6h00, 12h00 and 18h00), plus a control (no application). After harvest, germination test, first count, average speed, germination speed index, length and dry mass of root and shoot of seedlings, accelerated aging test and electrical conductivity were performed. The application of herbicides at 12h00 resulted in seeds with lower germination values. This time also provided a reduction in the first germination count (PCG) and mean germination speed (VMG) with the application of diquat and diquat + flumioxazin. The germination speed index (IVG) was reduced with the application of diquat + carfentrazone and diquat + flumioxazin at 12h00. On the other hand, there was a 48.19% reduction in root length in the night application of diquat + flumioxazin. The night application also caused decreases in root dry mass (MSR) and shoot (MSPA) with the application of diquat + flumioxazin. In the accelerated aging test, the application of diquat and diquat + flumioxazin indicated a decrease of 35.52% and 39.46%, respectively. The highest electrical conductivity (CE) values were obtained with the application of diquat + carfentrazone at 6h00 and 12h00. The different application times caused different effects on the physiological quality of cowpea seeds. Herbicides at all times of application reduced germination and vigor of seeds, in addition to reducing the initial growth of seedlings.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Physiological maturity. Germination. Vigor.

1 INTRODUÇÃO

A relevância nutricional e o potencial produtivo do feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] fazem dessa cultura uma importante fonte de proteína vegetal, consumida e cultivada em diversas partes do mundo (Jayathilake et al., 2018). No Brasil, foi cultivada tradicionalmente nas regiões Norte e Nordeste, no entanto, nos últimos anos houve uma expansão de área cultivada em todo país com melhorias tecnológicas para o manejo (Assis et al., 2019).

O alto potencial produtivo do feijão-caupi está associado ao ponto ideal da sua colheita visando à obtenção de sementes de qualidade, com alta capacidade germinativa e vigor (Castoldi et al., 2019). Tendo em vista esse aspecto, é importante considerar a fase de maturação das plantas a fim de que a época de colheita seja realizada depois da maturidade fisiológica (Krenchinski et al., 2017). A importância da definição da época de colheita também deve ser escolhida buscando reduzir o tempo de exposição no campo, pois as colheitas tardias podem expor as plantas a condições ambientais adversas e a ocorrência de pragas e doenças, alterando, com isso, a qualidade final das sementes (Rigo et al., 2018).

Embora a maturidade fisiológica promova o maior acúmulo de matéria seca e as melhores condições de germinação e vigor, nessa fase as sementes também apresentam elevado grau de umidade e as plantas possuem maior número de estruturas vegetativas (Follmann et al., 2017). Esses fatores inviabilizam a colheita mecanizada e podem causar danos mecânicos às sementes, causando a deterioração e até mesmo a perda total dos produtos agrícolas (Krenchinski et al. 2017). Uma alternativa para o contínuo avanço da tecnificação no cultivo do feijão-caupi e para a uniformidade da colheita é a utilização da dessecação química por meio da aplicação de herbicidas (Marcos-Filho, 2015). Os herbicidas proporcionam a rápida redução do teor de água, abscisão foliar e antecipação da colheita (Vargas et al., 2018). Para elucidar a eficácia dos herbicidas, alguns estudos têm sido realizados em culturas como soja (Kappes et al., 2009; Zanatta et al., 2018), arroz (He et al., 2015), trigo (Jaskulski e Jaskulska, 2014) e feijão (Tavares et al., 2016).

A escolha do herbicida a ser utilizado baseia-se em sua translocação, uma vez que para a dessecação é ideal que o herbicida seja de contato, com rápida ação e baixa mobilidade na planta (Rubenich et al., 2017). Para que haja a eficiência na aplicação desses produtos, é importante considerar fatores como o modo de ação do herbicida, condições ambientais, horário de aplicação e estágio fenológico da cultura, para evitar a

ocorrência de resíduos que comprometam a qualidade das sementes e grãos (Rosado et al., 2019).

As condições ambientais ao longo do dia podem interferir de forma positiva ou negativa na ação dos herbicidas, tornando complexa a tomada de decisão acerca do melhor horário para a aplicação (Maciel et al., 2016). Segundo Johnston et al. (2018), a translocação e a fitotoxicidade são processos afetados pelo horário de aplicação do herbicida. Os fatores ambientais podem alterar a viscosidade de lipídios na cutícula das folhas, influenciando diretamente no efeito dos herbicidas (Vidal et al., 2014; Johnson et al., 2018). A oscilação da temperatura ao longo do dia ocasiona mudanças na hidratação da cutícula, causando alterações no processo físico de difusão dos herbicidas (Ganie et al., 2017).

Além desses fatores, uma alta umidade relativa do ar está diretamente associada ao status hídrico da planta, o qual regula a abertura dos estômatos e pode intensificar a absorção e translocação dos herbicidas (Paula et al., 2021). Em contrapartida, uma menor umidade relativa do ar aumenta a possibilidade de evaporação das gotas (Adegas e Gazziero, 2020). Alterações na luminosidade também podem influenciar a translocação dos herbicidas por meio do efeito de profundidade que potencializa a ação dos herbicidas (Bahia, 2017), além de poder proporcionar a fotodegradação de herbicidas específicos quando expostos a condições de intensa luminosidade (Adegas e Grazziero, 2020).

Buscando a maior eficiência de herbicidas aplicados para dessecação em feijão-caupi, é necessária a realização de estudos que forneçam informações acerca da atividade dos herbicidas em virtude do horário de aplicação, dos efeitos causados nas sementes e dos mecanismos fisiológicos que podem ocorrer para mitigar maior translocação e fitotoxicidade (Johnson et al., 2018). Desta forma, testou-se a hipótese de que herbicidas aplicados em horários distintos ao longo do dia ocasionam alterações na qualidade fisiológica das sementes de feijão-caupi. Com isso, os objetivos desse trabalho foram: (1) identificar o horário ideal para a aplicação de herbicidas no feijão-caupi; (2) avaliar os efeitos dos diferentes horários de aplicação de herbicidas na qualidade e fisiologia de sementes do feijão-caupi; (3) analisar respostas enzimáticas e bioquímicas em plântulas de feijão-caupi submetidas à dessecação química em horários distintos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido em duas etapas. A primeira etapa foi realizada na Horta Didática do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, durante o período de outubro a dezembro de 2021. Segundo a classificação de Thronwhite, o clima da área experimental é DdAa', com precipitação pluviométrica média de 670 mm e temperaturas médias de 27,5 °C (Carmo Filho et al., 1991). Durante a condução do experimento, registrou-se precipitação pluviométrica acumulada de 78,4 mm e temperatura média de 29,6°C, sendo os dados climáticos coletados na Estação Meteorológica Automática, do Centro de Engenharias, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

O espaçamento utilizado foi de 0,5 m entre as linhas e 0,2 m entre as plantas, constituindo uma área útil com quatro linhas de 4,0 m de comprimento e 2,0 m de largura. O plantio foi realizado no dia oito de outubro de 2021, com quatro sementes por cova e, posteriormente, aos 14 dias foi realizado o desbaste, deixando duas plantas por cova. A cultivar utilizada para o experimento foi a BRS Tumucumaque, a qual possui um porte semiereto (Oliveira et al., 2014).

Para a condução do experimento, foram realizados tratamentos culturais, seguindo as recomendações técnicas para a cultura do feijão-caupi. Aos 30 dias após o plantio, foi realizada a adubação de cobertura com 30 kg de N ha⁻¹, 15 kg de P ha⁻¹ e 10 kg de K ha⁻¹ (IPA, 2008), utilizando ureia (45% de N), fosfato monoamônico (54% de P₂O₅) e cloreto de potássio (60% de K₂O).

Para a irrigação diária das plantas foram utilizadas fitas gotejadoras colocadas de acordo com o espaçamento adotado. O controle de plantas daninhas foi feito a partir de capinas manuais, considerando o grau de infestação. O manejo fitossanitário foi feito por meio de uma pulverização do inseticida Connect[®] na dose de 700 mL ha⁻¹.

2.2 Tratamentos e arranjo experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 3 x 3 + 1, com três repetições. Os tratamentos foram combinações de três herbicidas (díquat, díquat + carfentrazone e díquat + flumioxazina) e três horários de aplicação (6h00, 12h00 e 18h00), sendo o tratamento adicional composto de uma testemunha sem aplicação.

2.3 Aplicação dos herbicidas

A aplicação dos herbicidas foi aos 71 DAS, por meio do uso de um pulverizador costal de pressão pressurizado a CO₂, com duas pontas de pulverização do modelo TT11002 com indução de ar e pressão de 2,5 bar. O volume de calda foi de 200 litros ha⁻¹. Durante os horários de aplicação, as condições climáticas foram as seguintes: velocidade do vento de 1,78 m/s (6h00), 3,51 m/s (12h00) e 3,70 m/s (18h00), respectivamente, e umidade relativa do ar de 84,2% (6h00), 40,0% (12h00) e 65,58% (18h00), respectivamente.

2.4 Colheita e preparo das sementes

Após a aplicação dos herbicidas, a dessecação foi monitorada diariamente. Dois dias após a aplicação dos herbicidas, as vagens foram colhidas e debulhadas manualmente. O tempo de antecipação de colheita foi mensurado a partir da diferença do número de dias da colheita de plantas desseçadas com herbicida e do tratamento controle. Após a colheita, as sementes foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Sementes (LAS) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) para as análises fisiológicas de sementes.

2.5 Teste de germinação e primeira contagem de germinação

Para o teste de germinação e primeira contagem de germinação, utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes, as quais foram semeadas em substrato tipo papel "Germitest" disposto na forma de rolos, previamente umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa seca do papel seco. Os rolos de papel foram colocados em sacos plásticos e mantidos a 25°C sob fotoperíodo de 12 horas em uma incubadora do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D) durante oito dias, efetuando-se as contagens de plântulas normais a partir do quinto dia por meio da contagem de plântulas normais (Brasil, 2009).

2.6 Velocidade média de germinação

A velocidade média de germinação (VMG) foi mensurada a partir de contagens diárias do número de plântulas germinadas, de acordo com a fórmula proposta por Labouriau e Valadares (1976).

2.7 Índice de velocidade de germinação

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi determinado por meio de contagens de plântulas normais germinadas diariamente. A contagem foi feita durante cinco dias (do 3º ao 8º dia após a semeadura), sendo calculada de acordo com a metodologia proposta por Maguire (1962).

2.8 Comprimento e massa seca de raiz e da parte aérea

O comprimento e massa seca de raiz e de parte aérea foram realizados no final do teste de germinação (oito dias após a semeadura), sendo os cotilédones retirados e medidas a parte aérea e raiz primária das plântulas normais por meio de uma régua graduada em centímetros, com os resultados expressos em cm plântula⁻¹. Em seguida, as plântulas normais foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C durante 72 h, determinando-se a massa seca da parte aérea e massa seca de raiz com o auxílio de uma balança analítica (0,0001 g). Os resultados foram expressos em g plântula⁻¹.

2.9 Teste de condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, as quais foram colocadas em copos plásticos de 200 mL e pesadas em balança de precisão de 0,01 g. Posteriormente, as sementes foram embebidas em 75 mL de água deionizada e mantidas durante 24 h em incubadora (B.O.D.) com temperatura de 30°C (Dutra e Teófilo, 2007). Após esse período, determinou-se a condutividade elétrica da água por meio do uso de um condutivímetro de bancada e os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de semente.

2.10 Teste de envelhecimento acelerado

Para o teste de envelhecimento acelerado, foram acondicionadas 250 sementes de cada tratamento, dispostas sobre telas de caixas do tipo gerbox com 40 mL de água

destilada na parte inferior da caixa. As caixas foram fechadas e mantidas em B.O.D. com temperatura de 42 °C durante 48 h (Dutra e Teófilo, 2007). Posteriormente, foi realizado o teste de germinação, com quatro repetições de 50 sementes para a avaliação das porcentagens de plântulas normais.

2.11 Análise estatística

Os dados foram analisados com o auxílio do *software* R (R Core Team, 2021). Os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F) e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, para comparar as médias dentro de cada fator ou para os desdobramentos das interações significativas, e de Dunnett, para comparação da testemunha e os demais tratamentos, ambos a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os horários de aplicação e os herbicidas foi significativa para primeira contagem de germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 1). Em relação à germinação, observou-se significância para os fatores (horários e herbicidas) de forma isolada, ao passo que a velocidade média de germinação diferiu significativamente entre os horários de aplicação. O tratamento controle diferiu significativamente dos demais tratamentos para a germinação, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação.

Tabela 1. Análise de variância da germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes provenientes plantas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita em diferentes horários.

Fontes de variação	Teste F			
	G	PCG	VMG	IVG
Horários (H)	35,95 **	67,56 **	11,67 **	5,50 **
Herbicidas (He)	5,57 **	0,90 ns	2,32 ns	1,00 ns
H x He	1,91 ^{ns}	5,27 **	1,55 ^{ns}	3,28 *
Test x Fatorial	130,53 **	406,69 **	1,99 ^{ns}	120,83 **
CV (%)	7,95	8,80	9,56	9,84

CV: coeficiente de variação; Test: testemunha;

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

* : significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

^{ns}: não significativo.

A aplicação do diquat, diquat + carfentrazone e diquat + flumioxazina, em todos os horários, ocasionou redução na germinação de sementes do feijão-caupi em comparação com a testemunha sem herbicida (Tabela 2). A aplicação dos herbicidas às 12h00 proporcionou os menores valores de germinação. Nesse horário, os herbicidas diquat + carfentrazone e diquat + flumioxazina ocasionaram a maior formação de plântulas anormais. Pôde-se observar maior incidência de sementes mortas com a aplicação do diquat às 12h00. A condição que promoveu maiores valores de germinação e, conseqüentemente, menor formação de plântulas anormais, ocorreu às 6h00.

Tabela 2. Plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas de plantas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita em diferentes horários.

Características avaliadas (%)	Herbicidas	----- Horários (h) -----		
		06:00	12:00	18:00
Plântulas normais	Diquat	47,7 bA	38,8 aB	46,0 aA
	Diquat + carfentrazone	56,5 aA	39,0 aC	46,5 aB
	Diquat + flumioxazina	47,0 bA	35,5 aB	44,5 aA
	Testemunha	67,0 α		
	CV (%)	7,95		
Plântulas anormais	Diquat	45,2 abA	47,5 bA	50,2 aA
	Diquat + carfentrazone	41,0 bC	57,0 aA	50,5 aB
	Diquat + flumioxazina	51,0 aA	55,7 aA	52,5 aA
	Testemunha	31,5 α		
	CV (%)	7,93		
Sementes mortas	Diquat	7,0 aB	14,0 aA	3,7 aB α
	Diquat + carfentrazone	2,5 abA α	4,0 cA α	3,0 aA α
	Diquat + flumioxazina	2,0 bB α	8,7 bA	3,0 aB α
	Testemunha	1,5 α		
	CV (%)	9,01		

CV: coeficiente de variação;

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, e médias seguidas de letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

Médias seguidas por “ α ” não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

A diminuição constatada na germinação reflete a redução do potencial germinativo ocasionada pela aplicação dos herbicidas na dessecação pré-colheita, demonstrando que o uso desses herbicidas para a produção de sementes do feijão-caupi compromete a qualidade fisiológica (Botelho et al., 2016). Os efeitos da aplicação de herbicidas em culturas dessecadas podem estar associados a uma alteração no metabolismo germinativo das sementes, a partir da redução de reservas essenciais para a formação de plântulas normais (Krenchinski et al., 2017). Os resultados observados em relação ao horário de aplicação evidenciam que o possível estresse térmico proporcionado às plantas na condição de aplicação às 12h00 aumentou os danos ocasionados pelos herbicidas (Amaral et al., 2020). Segundo Barrozo et al. (2020), altas temperaturas em horários mais quentes do dia podem causar danos irreversíveis às plantas, interferindo na qualidade fisiológica de sementes.

A aplicação dos herbicidas em todos os horários proporcionou diminuição nos valores da primeira contagem de germinação (PCG), velocidade média de germinação (VMG) e no índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 3). A primeira contagem de germinação (PCG) foi menor com a aplicação de diquat e diquat + flumioxazina às 12h00, com redução de 70%. A aplicação de diquat + carfentrazone ocasionou redução semelhante entre os horários de 12h00 e 18h00 para a primeira contagem de germinação.

Tabela 3. Primeira contagem de germinação (PCG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes provenientes de plantas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita em diferentes horários.

Variáveis	Herbicidas	----- Horários (h) -----		
		06:00	12:00	18:00
PCG (%)	Diquat	14,5 aA	7,5 bC	11,5 abB
	Diquat + carfentrazone	14,5 aA	10,5 aB	10,5 bB
	Diquat + flumioxazina	14,5 aA	7,5 bB	13,0 aA
	Testemunha		25,0 α	
VMG (dias)	Diquat	0,5356 aA α	0,4703 aAB α	0,4484 aB α

	Diquat + carfentrazone	0,5721 aA α	0,4666 aB α	0,4934 aB α
	Diquat + flumioxazina	0,5089 aA α	0,4057 aB	0,4945 aA α
	Testemunha	0,5234 α		
IVG	Diquat	12,46 aA	13,37 aA	13,62 aA
	Diquat + carfentrazone	14,35 aA	10,91 aB	13,45 aAB
	Diquat + flumioxazina	14,24 aA	10,83 aB	11,87 aAB
	Testemunha	21,37 α		

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, e médias seguidas de letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

Médias seguidas por “ α ” não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

A redução observada na primeira contagem de germinação demonstra a diminuição do vigor ocasionada pela aplicação de diquat e diquat + flumioxazina às 12h00 (Bazzo et al., 2021). Sementes com baixo vigor resultam em maior formação de plântulas anormais e comprometem o estabelecimento do estande em casos de utilização dessa semente para um cultivo sucessivo (Henning et al., 2010; Krzyzanowski et al., 2018). Portanto, os resultados obtidos constataam que a aplicação do diquat e diquat + flumioxazina reduz o vigor das sementes do feijão-caupi. Portanto, além de fatores como sanidade, longevidade, condições ambientais e características genéticas, deve-se considerar que a aplicação dos herbicidas, associada à escolha do horário de aplicação, influencia na capacidade das sementes em originar plântulas normais (Batista et al., 2020).

A aplicação de diquat + flumioxazina às 12h00 possibilitou o menor valor para a velocidade média de germinação (VMG), a qual reduziu em 22,5% (Tabela 3). Os resultados obtidos para a velocidade média de germinação demonstram também a redução do vigor das sementes com a aplicação de diquat + flumioxazina às 12h00. Além desse aspecto, baixa velocidade média de germinação é um indicativo para anormalidade em plântulas, podendo ser um fator determinante para o estabelecimento da cultura em situações de cultivo sucessivo (Chao et al., 2021). A velocidade média de germinação relaciona-se à escala de tempo da absorção de água durante a germinação, a qual é determinada pelo genótipo utilizado no cultivo, pelas condições de germinação e pelas reservas acumuladas durante o enchimento de grãos (Chao et al., 2021).

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi reduzido com a aplicação diquat + carfentrazone e diquat + flumioxazina às 12 horas (Tabela 3). Além disso, o diquat + flumioazina aplicado às 18 horas também reduziu o IVG em 44,5%. Os

resultados obtidos para VMG e IVG podem indicar que as condições ambientais nos horários de aplicação (12h00 e 18h00) influenciaram negativamente na expressão do potencial germinativo, a partir da ação mais evidente dos herbicidas (Santos et al., 2018; Karim et al., 2020). Segundo Marcos Filho (2015), o processo de transferência de matéria seca na maturação e as reservas acumuladas nessa etapa são fatores determinantes para a viabilidade das sementes.

A interação entre horários de aplicação e herbicidas foi significativa para comprimento de raiz (CR) e massa seca da parte aérea (MSPA) (Tabela 4). Em relação ao comprimento de raiz (CR), observou-se significância para a aplicação de herbicidas de forma isolada, ao passo que o comprimento de parte aérea apresentou significância para os dois fatores (horários de aplicação e herbicidas). A massa seca da parte aérea também apresentou significância de forma isolada para os herbicidas e horário de aplicação, bem como para a interação entre eles. O tratamento controle diferiu significativamente dos demais tratamentos no comprimento de raiz, comprimento de parte aérea e massa seca de raiz.

Tabela 4. Análise de variância de comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) dessecado com herbicidas na pré-colheita em diferentes horários.

Fontes de variação	Teste F			
	CR	CPA	MSR	MSPA
Horários (H)	1,92 ^{ns}	6,20 ^{**}	1,01 ^{ns}	4,62 [*]
Dessecantes (He)	6,78 ^{**}	4,07 [*]	3,05 ^{ns}	3,97 [*]
H x He	4,59 ^{**}	1,09 ^{ns}	1,59 ^{ns}	4,30 ^{**}
Test x Fatorial	15,29 ^{**}	27,76 ^{**}	27,79 ^{**}	1,39 ^{ns}
CV (%)	7,84	9,26	8,51	6,59

CV: coeficiente de variação; Test: testemunha;

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

* : significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

^{ns}: não significativo.

O menor valor constatado para o comprimento de raiz foi com a aplicação noturna de diquat + flumioxazina, reduzindo 48,19% (Tabela 5). Além disso, diquat + carfentrazone às 12 horas proporcionou uma redução de 38,64%. A aplicação de diquat nos três horários de aplicação (6, 12 e 18 h) não diferiu do tratamento controle.

Tabela 5. Comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) dessecado com herbicidas na pré-colheita em diferentes horários.

Variáveis	Herbicidas	----- Horários (h) -----		
		06:00	12:00	18:00
CR (cm plântula ⁻¹)	Diquat	9,345 abA α	9,624 aA α	10,606 aA α
	Diquat + carfentrazone	10,853 aA α	7,229 aB	8,530 abAB
	Diquat + flumioxazina	8,212 bAB	8,762 aA	6,103 bB
	Testemunha	11,781 α		
CPA (cm plântula ⁻¹)	Diquat	7,142 aA	6,325 aA	6,365 aA
	Diquat + carfentrazone	7,415 aA α	6,361 aB	6,105 aB
	Diquat + flumioxazina	6,197 bA	5,661 aA	6,153 aA
	Testemunha	8,108 α		
MSR (g plântula ⁻¹)	Diquat	0,0132 aA	0,0121 aA	0,0138 aA
	Diquat + carfentrazone	0,0127 aA	0,0125 aA	0,0144 aA α
	Diquat + flumioxazina	0,0129 aA	0,0114 aAB	0,0105 bB
	Testemunha	0,0175 α		
MSPA (g plântula ⁻¹)	Diquat	0,1460 aA α	0,1468 aA α	0,1406 aA α
	Diquat + carfentrazone	0,1496 aA α	0,1249 bB	0,1371 abAB α
	Diquat + flumioxazina	0,1438 aA α	0,1418 aA α	0,1254 bB
	Testemunha	0,1459 α		

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, e médias seguidas de letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

Médias seguidas por “ α ” não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos para o comprimento de raiz demonstram que as aplicações às 12h00 e 18h00 causaram mais danos ao desenvolvimento de raízes das plântulas. No entanto, outros autores confirmam que a aplicação de herbicidas na pré-colheita causa redução no desenvolvimento de plântulas, independentemente do horário de aplicação (Toledo et al., 2012; Castoldi et al., 2018).

O comprimento de parte aérea foi reduzido com a aplicação dos herbicidas em todos os horários de aplicação, com uma diminuição de até 30,18% (Tabela 5). No entanto, a aplicação de diquat + carfentrazone às 6h00 não diferiu do tratamento

controle (Tabela 5). A diminuição de comprimento de raiz e parte aérea se relaciona diretamente à formação de plântulas anormais (Daltro et al., 2010). Portanto, a redução no crescimento das plântulas é resultante dos efeitos causados pelos herbicidas, uma vez que a aplicação dos dessecantes causou maior formação de plântulas anormais. De acordo com Mahapatra et al. (2019), a aplicação de herbicidas pode simular uma condição de estresse para as plantas, reduzindo sua viabilidade celular por meio da ruptura de membranas, interferindo no desenvolvimento de sementes e plântulas.

Observou-se decréscimos na massa seca de raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA) com a aplicação noturna de diquat + flumioxazina (Tabela 5). As diferenças observadas nos efeitos causados pelos herbicidas em virtude dos horários de aplicação podem indicar que o mesmo herbicida pode apresentar eficiência variável dependendo dos fatores ambientais no momento da aplicação (Barbaś et al., 2020). A diminuição da massa seca pode estar associada a uma redução de açúcares essenciais e reservas exigidas para a formação de plântulas normais (Durigon et al., 2019).

A interação entre horários de aplicação e herbicidas foi significativa para o envelhecimento acelerado e condutividade elétrica (Tabela 6). Para a condutividade elétrica (CE), observou-se significância isolada para a aplicação de dessecantes e os horários de aplicação, ao passo que o envelhecimento acelerado apresentou significância para os horários de aplicação. A testemunha diferiu significativamente dos demais tratamentos no envelhecimento acelerado e condutividade elétrica.

Tabela 6. Análise de variância do teste de envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) em sementes de plantas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita em diferentes horários.

Fontes de variação	Teste F	
	EA	CE
Horários (H)	60,77 **	11,24 **
Herbicidas (He)	2,49 ^{ns}	5,11 *
H x He	5,78 **	4,62 **
Test x Fatorial	82,66 **	4,63 *
CV (%)	5,91	8,43

CV: coeficiente de variação; Test: testemunha;

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * : significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

^{ns}: não significativo.

A aplicação de diquat e diquat + flumioxazina às 12h00 proporcionou redução nos valores do teste de envelhecimento acelerado (Tabela 7), sendo possível observar diminuição de 35,52% e 39,46%, respectivamente. O envelhecimento acelerado simula condições adversas para estimar o potencial de armazenamento das sementes (França Neto e Krzyzanowski, 2018). Portanto, os resultados obtidos para o EA indicam que sementes de feijão-caupi provenientes de plantas dessecadas com diquat e diquat + flumioxazina podem ter baixo potencial de armazenamento, comprometendo o uso dessa semente para plantio sucessivo.

Os maiores valores de condutividade elétrica (CE) foram obtidos com a aplicação de diquat + carfentrazone às 6h00 e 12h00 (Tabela 7). Os demais tratamentos foram semelhantes à testemunha.

Tabela 7. Teste de envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de plantas de feijão-caupi (BRS Tumucumaque) submetidas à aplicação de herbicidas na pré-colheita em diferentes horários.

Variáveis	Herbicidas	----- Horários (h) -----		
		06:00	12:00	18:00
EA (%)	Diquat	40,5 aA	29,5 bB	38,7 aA
	Diquat + carfentrazone	39,5 aA	33,7 aB	33,7 bB
	Diquat + flumioxazina	40,0 aA	27,7 bC	35,2 abB
	Testemunha	45,75 α		
CE ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	Diquat	724,6 aA α	725,6 bA α	787,1 aA α
	Diquat + carfentrazone	836,1 aAB	929,7 aA	744,0 abB α
	Diquat + flumioxazina	751,8 aAB α	764,0 bA α	638,3 bB α
	Testemunha	694,15 α		

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, e médias seguidas de letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

Médias seguidas por “ α ” não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Os maiores valores constatados para a condutividade elétrica indicam que as plantas submetidas à dessecação com diquat + carfentrazone apresentaram sementes com maior intensidade de danos de membrana (Rodrigues et al., 2020). Portanto, a taxa de liberações dos solutos influencia diretamente na qualidade das sementes, pois a saída dos lixiviados resulta em perda de vigor (Gonzales et al., 2009).

Os resultados constatados evidenciam a importância de estudos que abordem os impactos causados por herbicidas na qualidade fisiológica de sementes. Embora os resultados possam indicar uma translocação distinta entre os horários de aplicação, é necessária a realização de pesquisas que possam confirmar a translocação dos herbicidas até a semente. Os resultados obtidos são de grande importância para o cultivo de feijão-caupi, podendo ser utilizados como embasamento científico para o aumento da eficácia do uso de herbicidas.

4 CONCLUSÕES

Os diferentes horários de aplicação causam efeitos distintos na qualidade fisiológica das sementes de feijão-caupi. Os herbicidas em todos os horários de aplicação reduzem a germinação e vigor das sementes, bem como o crescimento inicial de plântulas. A utilização das associações entre diquat + carfentrazone e diquat + flumioxazina ocasionam efeitos mais severos e a aplicação às 12h00 intensifica os danos causados por estes dessecantes.

REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: SEIXAS, C. D. S.; LEITE, R. M. V. B. C. (Org.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 281–292.
- AMARAL, C. et al. Crescimento de plântulas de *Vernonia ferruginea* submetidas a estresse térmico. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 38, p. 1–12, jan. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100036>. Acesso em: 02 fev. 2022.
- ASSIS, M. D. O. et al. Pre-harvest desiccation in productivity and physiological quality of cowpea seeds. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, p. 1–11, set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100014>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- BARBAŚ, P.; SAWICKA, B.; MARCZAK, B. K.; PSZCZÓLKOWSKI, P. Effect of mechanical and herbicide treatments on weed densities and biomass in two potato cultivars. **Agriculture**, Basel, v. 10, n. 10, p. 1–16, out. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture10100455>. Acesso em: 02 fev. 2022.
- BARROZO, L. M. et al. Estresse térmico e tratamento químico no potencial fisiológico de sementes de *Zea Mays* L. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**,

- Aracaju, v. 11, n. 7, p. 126–136, dez. 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0011>. Acesso em: 02 fev. 2022.
- BOTELHO, F. J. E. et al. Qualidade de sementes de soja obtidas de diferentes cultivares submetidas à dessecação com diferentes herbicidas e épocas de aplicação. **Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 10, n. 2, p. 137–144, fev. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i2.2760>. Acesso em: 02 fev. 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análises de sementes**. Brasília: MAPA/SDA/ACS, 2009. 399 p.
- CARMO FILHO, F. D.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados climatológicos de Mossoró**: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspectos florístico. Mossoró: ESAM, 1991. 62 p.
- CASTOLDI, C. T. et al. Physiological quality of carioca bean seeds submitted to the application of desiccant herbicides in two periods. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, p. 1–13, fev. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100154>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- CASTOLDI, C. T. et al. Physiological quality of carioca bean seeds submitted to the application of desiccant herbicides in two periods. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, p. 1–13, fev. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100154>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- CHAO, S.; MITCHELL, J.; FUKAI, S. Factors determining genotypic variation in the speed of rice germination. **Agronomy**, Basel, v. 11, n. 8, p. 1–20, ago. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy11081614>. Acesso em: 02 fev. 2022.
- CORREIA, N. M. **Comportamento dos herbicidas no ambiente**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2018. 30 p.
- DALTRO, E. M. F. et al. Aplicação de desseccantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 111–122, mai. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000100013>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- DURIGON, M. R. et al. Does spraying of atrazine on triazine-resistant canola hybrid impair photosynthetic processes? **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, p. 1–11, set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100087>. Acesso em: 7 jan. 2022.
- DUTRA, A. S.; TEÓFILO, E. M. Envelhecimento acelerado para avaliar o vigor de sementes de feijão caupi. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 1, p.

193–197, abr. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000100027>. Acesso em: 26 jan. 2022.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. **O vigor e o desempenho das sementes**. Brasília: Associação Brasileira de Sementes e Mudanças, 2018.

GANIE, Z. A.; JUGULAM, M.; JHALA, A. J. Temperature influences efficacy, absorption, and translocation of 2, 4-D or glyphosate in glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) and giant ragweed (*Ambrosia trifida*). **Weed Science**, Griffin, v. 65, n. 5, p. 588–602, set. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.32>. Acesso em: 2 fev. 2022.

GONZALES, J. L. S.; PAULA, R. C. ; VALERI, S. V. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Albizia hassleri* (Chodat) burkat. fabaceae-mimosoideae. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 625–634, out. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000400005>. Acesso em: 02 fev. 2022.

HE, Y. Q. et al. Efeitos da aplicação de produtos químicos pré-colheita na dessecação de arroz e sementes qualidade. **Journal of Zhejiang University Science B**, Bethesda, v. 16, n. 10, p. 813–823, out. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1631/jzus.b1500032>. Acesso em: 2 fev. 2022.

HENNING, F. A. et al. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p.727–733, dez. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000300026>. Acesso em: 02 fev. 2022.

JASKULSKI, D.; JASKULSKA, I. The effect of pre-harvest glyphosate application on grain quality and volunteer winter wheat. **Romanian Agricultural Research**, v. 31, p. 283–289, jan. 2014. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143417247>. Acesso em: 23 jan. 2022.

JAYATHILAKE, C. et al. Cowpea: an overview on its nutritional facts and health benefits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Reino Unido, v. 98, n. 13, p. 4793-4806, out. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9074>. Acesso em: 2 fev. 2022.

KARIM, M. M. et al. Yield, quality and cost of jute (*Corchorus species*) seed production as influenced by herbicide application time. **International Journal of Advance Geosciences**, Amã, v. 8, n. 2, p. 153–159, fev. 2020. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14419/ijag.v8i2.31012>. Acesso em: 02 fev. 2022.

KRENCHINSKI, F. H. et al. Yield and physiological quality of wheat seeds after desiccation with different herbicides. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 39, n. 3, p.

254–261, jul./set. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v39n3172506>. Acesso em: 29 jan. 2022.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja**: fator importante para a produção da cultura. Londrina: Embrapa, 2018.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 263–284, 1976. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302968715>. Acesso em: 26 jan. 2022.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176–177, mar. 1962. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/journal/14350653>. Acesso em: 26 jan. 2022.

MAHAPATRA, K.; DE, S.; BANERJEE, S.; ROY, S. Pesticide mediated oxidative stress induces genotoxicity and disrupts chromatin structure in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seedlings. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdã, v. 369, p. 362–374, mai. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.02.056>. Acesso em: 26 jan. 2022.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015.

PAULA, D. F. et al. Técnicas para evitar a deriva e volatilização de herbicidas. In: LA TORRE (org.). **Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e ciências ambientais**. Ponta Grossa: Atena, 2021. p. 89–116.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 20 jan. 2022.

RIGO, G. A.; et al. Micronutrient content and physiological quality of soybean seeds. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 4, p. 223–230, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n4p223>. Acesso em: 2 fev. 2022.

RODRIGUES, M. H. B. S. et al. Vigor de sementes: métodos para análise e fatores que o influenciam. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 2, n. 3, p. 43–52, jul. 2020. Disponível em: <https://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/53/47>. Acesso em: 02 fev. 2022.

RUBENICH, R. et al. Efeito da redução de luz na seletividade a herbicidas e rendimento de grãos do trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 16, n. 4,

p. 296–306, out./dez. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i4.572>. Acesso em: 7 jan. 2022.

SANTOS, L. G. et al. Parâmetros genéticos da germinação de sementes e emergência de plântulas em girassol. **Magistra**, Cruz da Almas, v. 29, n. 1, p. 47–55, jan. 2018. Disponível em: <https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/download/284/297>. Acesso em: 02 fev. 2022.

TAVARES, C. J. et al. Qualidade fisiológica e sanitária do feijão azuki dessecado e armazenado sementes. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, p. 66–75, mar. 2016. Disponível em: https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/4671/pdf_337. Acesso em: 25 jan. 2022.

TOLEDO, M. Z.; CAVARIANI, C.; FRANÇA-NETO, J. B. Qualidade biológica de sementes de soja colhidas em duas épocas após a dessecação com glifosato. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, p. 134-142, mar. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000100017>. Acesso em: 02 fev. 2022.

VARGAS, R. L. et al. Macronutrients and micronutrients variability in soybean seeds. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 10, n. 4, p. 209–222, out. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n4p209>. Acesso em: 2 fev. 2022.

VIDAL, R. A. et al. Fatores ambientais que afetam a eficácia de glifosato: síntese do conhecimento. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 24, p. 43–52, dez. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/pes.v24i1.39028>. Acesso em: 2 fev. 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento de fatores que influenciam na qualidade de sementes é fundamental à pesquisa e ao cultivo de feijão-caupi. Os herbicidas utilizados proporcionaram a antecipação da colheita, a partir da redução do conteúdo de água das sementes e da rápida abscisão foliar. No entanto, foi possível observar efeitos negativos na germinação, vigor, bioquímica e fisiologia das sementes. Os fatores ambientais nos horários de aplicação sugerem influência distinta na eficácia desses herbicidas, em virtude do horário escolhido para sua aplicação. A aplicação noturna e vespertina de herbicidas na dessecação pré-colheita prejudica a qualidade fisiológica das sementes do feijão-caupi. As associações entre diquat + carfentrazone e diquat + flumioxazina proporcionaram eficiência na dessecação, porém, apresentaram efeitos mais severos para a qualidade fisiológica das sementes.

A partir desta pesquisa, busca-se entender aspectos práticos e teóricos relacionados à qualidade de sementes de feijão-caupi submetidas à dessecação química, apontando para a contínua pesquisa acerca dessa cultura como forma de melhorar a eficiência do seu cultivo.

APÊNDICE A



1. Área do experimento I na Horta Didática, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.



2. Área do experimento II na Horta Didática, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.