



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**JOSÉ NILO ROCHA FILHO**

**ATIVIDADE RESIDUAL DE HERBICIDAS EM FEIJÃO CAUPI**

**FORTALEZA - CEARÁ**

**2021**

JOSÉ NILO ROCHA FILHO

ATIVIDADE RESIDUAL DE HERBICIDAS EM FEIJÃO-CAUPI

Trabalho de conclusão de curso apresentado como exigência ao Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

**Orientador:** Prof. Doutor Sebastião Medeiros Filho

**Coorientadora:** Dra. Ana Kelly Firmino da Silva

FORTALEZA - CEARÁ

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

R573a Rocha Filho, José Nilo.

Atividade residual de herbicidas em feijão-caupi / José Nilo Rocha Filho. – 2021.  
59 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho.

Coorientação: Profa. Dra. Ana Kelly Firmino da Silva.

1. Vigna unguiculata. 2. Plantas daninhas. 3. Controle químico. 4. Fitotoxicidade. I. Título.

CDD 630

---

JOSÉ NILO ROCHA FILHO

ATIVIDADE RESIDUAL DE HERBICIDAS EM FEIJÃO CAUPI

Monografia apresentada ao curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em 27/08/2021.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho (Orientador Pedagógico)

Universidade Federal do Ceará

---

Dr<sup>a</sup>. Eng. Agro. Ana Kelly Firmino da Silva (Coorientadora)

Universidade Federal do Ceará

---

Dr<sup>a</sup> Eng. Agro. Angela Maria dos Santos Pessoa

Universidade Federal do Ceará

---

Dr. Eng. Agro. Tomil Ricardo Maia de Sousa

Universidade Federal do Ceará

Para o Grande Arquiteto do Universo,  
responsável por conduzir meus passos.

## **AGRADECIMENTOS**

Deixo primeiramente meu agradecimento e menção honrosa “post mortem” ao sempre amigo, Cesar Josino, pelos conselhos, risadas e por ter visto capacidades em mim ainda não descobertas.

Ao Professor Sebastião Medeiros, por ter aceito prontamente esse projeto árduo de abordar os efeitos fitotóxicos em Feijão-caupi e, por sua constante disponibilidade e solicitude;

Aos meus caros orientadores, Dra. Ana Kelly Firmino, Dra. Angela Pessoa, Dr. Tomil Ricardo Maia, por seus valiosos esclarecimentos, direcionamentos e correções. Além de todo o suporte, compreensão e disposição prestados.

À Doutoranda e amiga Lucimara Venial, por todo apoio, presteza e direcionamento. E ao grande Raylson Melo por toda ajuda, orientações e boas conversas.

Aos Professores Dr. Raul Shiso, Dra. Carmem Dolores, Dra. Cândida Bertini, Dr. Patrik Pastori, Dra. Mirian Leitão, Dr. José Carlos, por suas explanações inestimáveis e exposições encantadoras em sala de aula.

Aos amigos e irmãos Luiz Tiago, Lucas Fernando, Glauco Almeida, Igor Vieira, Igor Cláudio, Vitor Teodósio, Matheus Sales, Mariana Vieira, Suzana Macambira, Samuel Nobre, Halisson Andrade, Pedro Ramsés e Lissandro de Melo por terem proporcionado momentos excepcionais, suporte necessário e conversas afiadas.

Ao Barbarians, Vinil Ambientz (Luiz Maradona) e Cantinho da Filosofia (ao Sr. Luís e Dona Fátima) por terem se apresentado como locais propícios para o diálogo e, por conseguinte, ao desenvolvimento intelectual e pessoal.

À Renata Chagas de Souza por sua amizade, companheirismo e seu incondicional apoio intelectual e sensível, desde sempre.

E por fim, aos meus pais e, mais especificamente, à minha mãe que, mesmo diante do sentimento de dúvida, não deixou de me incentivar, forçar, dementar e contribuir com o meu ócio criativo.

“A verdadeira ciência ensina sobretudo a duvidar...” (Miguel Unamuno)

## Resumo

*Vigna unguiculata* (L.) Walp é uma fabaceae de grande valor na composição alimentar dos brasileiros com destaque para as zonas rurais das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Entre os fatores que influenciam negativamente a sua produtividade está a interferência negativa de plantas daninhas. Contudo, poucos são os estudos que avaliam o potencial uso de herbicidas e as suas implicações no cultivo do feijão-caupi. O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos fitotóxicos e residuais dos herbicidas Glyphosate, 2,4D e Fenoxaprop aplicados em pré-emergência para a cultivar BRS-Aracê. Foram realizados três ensaios no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici. O primeiro consistiu em estimar a taxa de germinação de plântulas sob exposição aos herbicidas citados anteriormente. Para este fim, foram utilizadas 1200 sementes de BRS Aracê, divididas em seis tratamentos com quatro repetições, submetidas a teste de germinação padrão, utilizando como substrato papel para germinação, conforme Regra de Análise de Sementes (RAS). O segundo ensaio visou avaliar a capacidade de plântulas em estabelecer-se após exposição às soluções herbicidas. A avaliação foi realizada por meio de um teste de emergência, em casa de vegetação, utilizando como substrato areia previamente autoclavada. Foram adotados os mesmos números de tratamentos e amostras do primeiro experimento. O terceiro ensaio consistiu em avaliar o efeito fitotóxico residual da combinação das moléculas 2,4D e Glyphosate. Foram realizadas aplicações nos intervalos de 7, 14, 21 e 28 dias antes do semeio com solução herbicida nos canteiros. Para análise, foram consideradas características qualitativas (conforme índice sugerido pela EWRC) e quantitativas (massa seca e fresca da parte aérea e raiz, comprimentos da parte aérea e raiz, taxa de germinação, IVE – índice de velocidade de emergência e primeira contagem). As sementes expostas à solução com 2,4 D tiveram processo de germinação inibido; a combinação 2,4D+Glyphosate, quando em pré-emergência, acarretou efeitos fitotóxicos como epinastia, necrose, clorose e deformações no caule e raiz; foram constatados efeitos residuais 28 dias posteriores a aplicação.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp; controle químico; fitotoxicidade.



## ABSTRACT

*Vigna unguiculata* (L.) Walp is a fabaceae of great value in the food composition of Brazilians, especially in rural areas in the North and Northeast regions of Brazil. Among the factors that negatively influence its productivity is the negative interference of weeds. There are few studies that assess the potential use of herbicides and their implications for the cultivation of cowpea. The present work aimed to evaluate the phytotoxic and residual effects of the herbicides Glyphosate, 2,4D and Fenoxaprop applied in pre-emergence to grow BRS-Aracê. Three tests were carried out in Seed Analysis Laboratory of Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici. The first consisted of estimating the germination rate of seedlings under exposure to the herbicides mentioned above. To this end, 1200 BRS Aracê seeds were used, divided into 6 treatments with 4 replications, submitted to a standard germination test, using Germination paper as substrate, according to the Seed Analysis Rule (RAS). The second trial aimed to evaluate the ability of seedlings to establish themselves after exposure to herbicide solutions. The evaluation was performed through an emergency test, in a greenhouse, using previously autoclaved sand as substrate. The same number of treatments and samples from the first experiment were adopted. The third trial consisted of evaluating the residual phytotoxic effect of the combination of 2,4D+Glyphosate molecules. Applications were carried out with 7, 14, 21 and 28 days of the herbicide solutions in beds for later sowing. For the analysis, qualitative (according to index suggested by EWRC) and quantitative characteristics were considered (Dry and Fresh Mass of the Aerial Part and Root, Length of the aerial part and root, Germination Rate, IVE – Emergency Speed Index and First Count). The results showed that: seeds exposed to the 2,4 D solution had the germination process inhibited; the 2,4D+Glyphosate combination, when in pre-emergence, caused phytotoxic effects such as epinasty, necrosis, chlorosis and deformations in the stem and root; residual effects were found 28 days after application.

**Keywords:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp; chemical control; phytotoxicity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição das regiões produtoras de feijão-caupi no Brasil.....	16
Figura 2 - Feijão-caupi – BRS Aracê.....	19
Figura 3 - Tabela periódica dos herbicidas sugerida por Gazziero, 2004 .....	29
Figura 4 - Nova classificação toxicológica.....	29
Figura 5 - Montagem do teste de germinação em folhas de papel. A: Distribuição de sementes da cultivar BRS Aracê sobre substrato papel. B: Arranjo final das sementes distribuídas .....	36
Figura 6 - Teste de Germinação – abertura dos rolos para germinação ao 8º dia – contagem final. T0 - controle, T1 - solução com glyphosate, T2 - solução com ácido 2,4-diclorofenoxiacético, T3 - solução com fenoxaprop, T4 - glyphosate+2,4D e T5 - fenoxaprop + 2,4D.....	44
Figura 7 - Clorose em plântula submetida a solução herbicida glyphosate em pré-emergência.....	45
Figura 8 - Parcelas dos tratamentos submetidos no Ensaio 2 – Teste de emergência. (T0. controle; T1. solução glyphosate; T2. solução 2,4D; T3. solução Fenoxaprop; T4. solução 2,4 + glyphosate; T5. solução glyphosate + fenoxaprop).....	47
Figura 9 - Sintomas fitotóxicos – epinastia, clorose e encarquilhamento .....	51
Figura 10 - Sintomas fitotóxicos – epinastia, necrose, clorose, má-formação da área foliar e parte radicular.....	52
Figura 11 - Parcelas dos diferentes tratamentos submetidos no teste residual (T0 – Controle; T1 – Plantio 7 DAA; T2 – Plantio 14 DAA ; T3 – Plantio 21 DAA; T4 – Plantio 28 DAA).....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção de grãos de feijão - Safra 2018/2019 .....	20
Tabela 2. Teores de proteína, ferro, zinco e tempo de cozimento de grãos secos da cultivar BRS Aracê .....	20
Tabela 3. Produtividade de grãos da cultivar BRS Aracê e das testemunhas em cultivo de sequeiro.....	21
Tabela 4. Ensaio 2 - Tratamentos, dosagens e concentração .....	36
Tabela 5. Ensaio 3 - Tratamentos e períodos de aplicação .....	39
Tabela 6. Classificação da escala EWRC para fitotoxicidade nas plantas.....	40
Tabela 7. Dados médios de percentagem de germinação (PG), primeira contagem (PC), plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas.....	41
Tabela 8. Dados médios de porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de germinação (IVE), massa fresca e seca da parte radicular (MFPR, MSPR) e parte aérea (MFPA, MSPA), comprimento da parte aérea e radicular (CPR, CPA) .....	44
Tabela 9. Dados médios de porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE), massa fresca e seca da parte radicular (MFPR, MSPR), parte aérea, (MFPA, MSPA) e comprimento parte aérea e raiz (CPA, CPR).....	48
Tabela 10. Frequência e notas ao oitavo dia após o plantio, conforme índice proposto pela EWRC.....	49

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
2.1	Feijão-caupi.....	15
2.1.1	<i>Origem, importância e aspectos socioeconômicos</i> .....	15
2.1.2	<i>Características Botânicas e Morfológicas</i> .....	17
2.1.3	<i>Características Fisiológicas e Exigências Edafoclimáticas</i> .....	18
2.1.4	<i>Cultivar BRS Aracê</i> .....	19
2.2	Plantas Daninhas – Aspectos Gerais e Tipos de Controle .....	21
2.2.1	<i>Controle Preventivo</i> .....	22
2.2.2	<i>Controle Cultural</i> .....	23
2.2.3	<i>Controle Mecânico</i> .....	24
2.2.4	<i>Controle Físico</i> .....	25
2.2.5	<i>Controle Químico</i> .....	25
2.3	Herbicidas .....	26
2.3.1	<i>Classificação quanto à seletividade</i> .....	27
2.3.2	<i>Classificação quanto à translocação</i> .....	28
2.3.3	<i>Classificação quanto à época de aplicação</i> .....	28
2.3.4	<i>Classificação Toxicológica</i> .....	29
2.4	Herbicidas inibidores da enzima EPSP - Glyphosate.....	30
2.5	Herbicidas inibidores da ACCase – Fenoxaprop .....	30
2.6	Herbicidas hormonais - Mimetizadores da auxina – 2,4 D .....	31
2.7	Fitotoxidez na cultura do feijão-caupi proveniente de Herbicidas.....	33
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	35
3.1	Ensaio 1 - Germinação sob efeito de herbicidas .....	35
3.2	Ensaio 2 - Emergência de plântulas submetidas à herbicidas .....	37
3.3	Ensaio 3 - Avaliação do efeito residual de herbicidas. ....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	41
4.1	Ensaio 1 - Germinação sob efeito de herbicidas .....	41
4.2	Ensaio 2 - Emergência de plântulas submetidas à herbicidas .....	44
4.3	Ensaio 3 - Avaliação do efeito residual de herbicidas .....	48
5	CONCLUSÃO.....	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54

## 1 INTRODUÇÃO

O *Vigna unguiculata* (L.) Walp é uma fabaceae de inestimável valor na composição alimentar dos brasileiros com destaque para as zonas rurais das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Atualmente, é cultivado em mais de cem países e possui nomenclaturas variadas, como feijão-de-corda, macassar, feijão fradinho, entre muitos outros. Acima de tudo, constitui-se como uma via de produção alternativa, proporcionando renda aos pequenos produtores rurais do semiárido ou sendo explorado de maneira intensiva por grandes produtores. (OLIVEIRA, 2016; RODRIGUES, 2020).

Trata-se de uma cultura dotada de rusticidade, adaptabilidade e com elevado teor nutricional, principalmente quando comparado com outras leguminosas. Seu uso se dá por meio do consumo de grãos secos, verdes ou sementes que são ricos em proteínas, carboidratos, minerais, fibras e vitaminas (FROTA, 2012).

Assim, dentre as inúmeras cultivares pertencentes ao grupo *Vigna unguiculata*, a BRS Aracê ganha ênfase especialmente em decorrência de suas características marcantes, os elevados teores de Ferro e Zinco nos grãos, provenientes do processo de biofortificação. Sua importância contorna uma das principais problemáticas que acometem os países em desenvolvimento - a deficiência de micronutrientes (EMBRAPA, 2009).

Em contrapartida, um dos grandes desafios que afetam a cultura do feijão-caupi está em alcançar elevadas produtividades. Entre os fatores que influenciam negativamente na produtividade da cultura está a interferência nociva de plantas daninhas, que competem por água, luz, nutrientes e espaço. A cultura do feijão-caupi pode sofrer perdas severas de produtividade provenientes da alta suscetibilidade à competição, podendo chegar a reduções próximas a 60% (LI *et al.*, 2004).

Diante de tal problemática, a utilização de herbicidas constitui-se como um dos componentes basilares do manejo integrado de plantas infestantes, seja pela sua elevada eficácia de controle, menor dependência de mão de obra ou pela redução dos custos de produção (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Seu uso é amplamente difundido dentro do modelo contemporâneo de produção agrícola e contribui diretamente para reduzir

prejuízos decorrentes da interferência negativa das plantas daninhas sobre as culturas.

Desse modo, inúmeros são os produtos registrados e destinados para controle de plantas daninhas em território nacional. Em agosto do ano de 2021, constam registrados junto ao AGROFIT, plataforma vinculada ao Ministério da Agricultura (MAPA), 920 produtos classificados como herbicidas. Destes, as moléculas Glyphosate, 2,4D e Fenoxaprop merecem destaque, sendo as duas primeiras responsáveis pelo maior quantitativo de produtos vendidos e registrados, dada sua importância (AGROFIT, 2021).

Ainda assim, diante da problemática que acomete a cultura do feijão-caupi e dos inúmeros herbicidas registrados, poucos são os trabalhos que mensuram os efeitos fitotóxicos na cultura. Tal questão se dá, principalmente, em decorrência da alta variabilidade genética, bem como do número reduzido de produtos seletivos, registrados e permitidos por órgãos governamentais. Tais fatores, portanto, refletem em poucos trabalhos de pesquisa e, conseqüentemente, em um conhecimento mais restrito dos níveis de tolerância ou suscetibilidade para o feijão-caupi.

Diante do exposto e na tentativa de trazer entendimento sobre o efeito fitotóxico das moléculas Glyphosate, 2,4 D e Fenoxaprop na cultura do feijão-caupi, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos fitotóxicos e residuais dos herbicidas Glyphosate, 2,4D e Fenoxaprop aplicados em pré-emergência para a cultivar BRS-Aracê.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1.1 Feijão-caupi - Origem, Importância e Aspectos Socioeconômicos

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), também conhecido como feijão macassar, feijão-de-corda ou fradinho, é considerado como um dos mais antigos alimentos cultivados pelo homem (SUMMERFIELD, 1974). Possui seu centro de origem atribuído ao continente Africano (RACHIE & RAWAL, 1976 *apud* LIMA, 2008), cuja especiação ocorreu provavelmente na África do Sul (PADULOSI, 1997). Atualmente, é cultivado em mais de cem países e se constitui como uma alternativa importante tanto para a agricultura familiar como para grandes produtores rurais. (OLIVEIRA, 2016; RODRIGUES, 2020).

Sua introdução no Brasil, datada da segunda metade do século XVI, é atribuída aos colonizadores portugueses e aos escravos oriundos do continente africano que desembarcaram na Bahia (FREIRE FILHO *et al.*, 2011). Trata-se de uma cultura de importância considerável na composição alimentar dos brasileiros com destaque nas zonas rurais das regiões Norte e Nordeste do Brasil. É considerada uma das principais culturas de subsistência no semiárido nordestino, representando 51,5% de todo feijão consumido na região (CONAB, 2019).

Ao considerarmos sua importância socioeconômica, conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Tabela 1.), na safra de 2019, o caupi representou cerca de 20,9% da produção total de grãos de feijão a nível nacional, valores estes que apresentaram crescimento significativo durante a safra de 2020, chegando a marca de 686,7 mil toneladas (MAPA, 2020). Cabe ainda mencionar que, ao estimarmos a área plantada com cultivares de feijão-caupi, obtemos valores próximos a 1.3 milhões de hectares. Os maiores destaques nas áreas de cultivo são Piauí, Bahia e Ceará, que juntos representam mais de 60% da área destinada para o plantio do feijão-caupi em todo o país. É essencial entendermos que tais números representam de maneira direta e indireta geração de emprego e renda. (CONAB, 2020).

Tabela 1. Produção de Grãos de Feijão - Safra 2018/2019

Produção de Grãos de Feijão (mil ton.) - Safra 2018/2019				
CLASSE	1ª Safra	2ª Safra	3ª Safra	TOTAL
Comum cores	563,5	672,1	673,8	1.909,40
Comum preto	256,9	229,2	7,7	493,8
Caupi	175,9	402,4	58,1	636,4
TOTAL	996,4	1.303,8	739,6	3.039,9

Fonte: Conab (agosto de 2019) ; Elaboração: Autor

Inicialmente, o feijão-caupi era amplamente cultivado em sequeiro por agricultores familiares no semiárido brasileiro (SILVA *et al.*, 2010; BARBOSA *et al.*, 2010). Contudo, o panorama tem mudado substancialmente. Isso ocorre por incrementos significativos em tecnificação e produtividade, fatores estes derivados principalmente da região Centro-Oeste. (SILVA JUNIOR, 2015).

Dentre as áreas produtoras, cabe evidenciar regiões mais dispersas, como nos estados do Maranhão, Tocantins e parte da Bahia; contrapondo regiões cuja a produção é mais concentrada e centralizada, como o estado do Mato Grosso, o Sertão e o Agreste Nordestino (Figura 1.). Tal disposição ocorre principalmente pela variação dos graus de investimento, tecnificação e dos diferentes níveis de exploração, cuja prática ocorre tanto por agricultores familiares como por grandes produtores rurais (SILVA, 2018, FREIRE FILHO, 2011).

Figura 1. Distribuição das regiões produtoras de feijão-caupi



Fonte: Freire Filho *et al.* (2011a).



Concernente ao papel nutricional do caupi e sua ampla utilização, estes ocorrem principalmente por meio do consumo de grãos secos, verdes ou sementes. Entretanto, também há uma crescente utilização para produção de farinha e produtos congelados. Seus grãos são ricos em proteínas, carboidratos, minerais, fibras e vitaminas, constituindo-se um componente alimentar essencial. Destaca-se entre as leguminosas pelo seu alto valor nutricional e como uma das principais alternativas para a composição de dietas de países em desenvolvimento (RIVAS *et al.*, 2016; PEREIRA *et al.*, 2013).

### 2.1.2 Características Botânicas e Morfológicas

Conforme classificação proposta por Verdcourt (1970), o feijão-caupi é uma planta dicotiledônea, pertencente à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolinae, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp., subespécie *unguiculata*. Anteriormente, nas classificações iniciais, o feijão-caupi por vezes era classificado como pertencente ao gênero *Phaseolus*, embora hoje sua inclusão no gênero *Vigna* seja mundialmente aceita (CARDOSO, 2000).

Sua germinação é epígea<sup>1</sup>, cujas folhas primárias são sésseis, simples, opostas, com variações de tamanho e forma. As folhas definitivas são alternas, compostas trifoliadas com um folíolo terminal mais comprido e maior que os dois laterais simétricos. Já o caule possui haste herbácea, ramificada, de coloração esverdeada. Sua arquitetura é variável, sendo produto da interação de fatores genéticos e do meio ambiente. O crescimento da haste principal do caule pode ser tanto determinado, cujo número de nós é limitado e seu crescimento pode cessar após a emissão de gemas florais; como indeterminado, jamais cessando, caracterizando o porte da planta. As raízes possuem sistema radicular pivotante, axial, formado por uma fonte raiz principal com muitas ramificações laterais. Por fim, as flores são completas e hermafroditas, pediceladas, com coloração que varia entre o branco, amarelo e tons de violeta, constando de estandarte, asas, quilha ou carena (PEREIRA, 1997; MAFRA, 1979).

---

<sup>1</sup> Epígea: Durante a germinação os cotilédones ficam acima do solo.

### 2.1.3 Características Fisiológicas e Exigências Edafoclimáticas

Sabe-se que o feijão-caupi é predominantemente cultivado nas regiões do semiárido brasileiro conforme supracitado. Isso ocorre, dentre outros fatores, sobretudo, em decorrência de sua rusticidade, da sua capacidade de tolerância ao déficit hídrico e de seus mecanismos adaptativos. Trata-se, portanto, de uma espécie classificada como moderadamente tolerante à seca (PINTO, 2018).

A tolerância ao stress hídrico deriva, essencialmente, do seu sistema radicular pivotante e a presença de um bom número de ramificações laterais, assegurando, dessa forma, um bom desenvolvimento e uma boa recuperação mesmo em condições de stress (AGBICODO *et al.*, 2009). Além disso, o feijão-caupi apresenta mecanismos adaptativos, tais como o movimento foliar, redução da área foliar e o controle estomático conforme discriminados por Boyer (1996) e reiterados por Cruz de Carvalho *et al.* (1998) quando realizou comparações entre as respostas fisiológicas do feijão-caupi e do feijão comum. Outro ponto a ser destacado é a capacidade das plantas de feijão-caupi em cessar seu crescimento quando submetidas a condições de déficits hídricos mais prolongados, iniciando um período de repouso e retornando a suas atividades fisiológicas normais após findado o período de stress (LEITE, 2004; CAVALCANTE, 1997).

Consoante às principais exigências edafoclimáticas, o feijão-caupi, em consequência de sua rusticidade, apresenta adaptação em solos pobres e com baixas disponibilidades hídricas, permitindo que haja produção em vários tipos de solo. Ressalta-se que é aconselhável evitar solos argilosos em demasia (LIMA *et al.*, 2006). Trata-se de uma cultura com ampla adaptação tanto em climas mais secos do NE quanto em climas úmidos do Norte. Sua demanda hídrica é variável e oscila conforme seu estágio de desenvolvimento, atingindo seu ápice durante os períodos de floração, formação de vagens e enchimento de grãos. O requerimento por ciclo varia de 300mm a 450mm (NOBRÉGA *et al.*, 2001; BASTOS *et al.*, 2008). Contudo, mesmo sendo uma cultura considerada tolerante à seca, observou-se que, quando submetida ao estresse hídrico prolongado, essencialmente nas fases de floração e enchimento de grãos, resultou em perdas significativas na produtividade, podendo alcançar reduções de até 69% (CORDEIRO *et al.* 1998).

Ademais, apresenta faixa de temperatura ideal entre 18°C e 37°C, necessitando de chuvas moderadas e dias bem ensolarados, pois chuvas em excesso podem ser nocivas. Por fim, é capaz de associar-se com bactérias fixadoras de nitrogênio o que contribui para o seu uso como adubos verdes, feno e silagem (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2002).

#### 2.1.4 Cultivar BRS Aracê

A BRS Aracê, conforme EMBRAPA Meio-Norte (2009), é uma cultivar indicada tanto para cultivo na região Nordeste devido a sua adaptação ao bioma Caatinga, como na região Norte (Roraima, Pará e Tocantins) e Centro-Oeste (Mato Grosso), seja por agricultores familiares ou empresariais.

Trata-se de uma planta com hábito de crescimento indeterminado, porte semi-prostrado e com ciclo de maturação de 70 a 75 dias. Seus grãos, de característica marcante, possuem coloração verde-oliva de textura lisa, pertencentes ao grupo comercial cores, subclasse verde (Figura 2). Suas vagens são retas e cilíndricas e possuem uma pigmentação arroxeadada (FREIRE FILHO, 2009).

Figura 2. Feijão-caupi – BRS Aracê.



Foto: RIBEIRO, Maria Eugênia

Dentre as características marcantes da cultivar BRS Aracê, estão os altos teores de Ferro e Zinco nos grãos provenientes do processo de biofortificação (Tabela 2.), que visa desenvolver cultivares nutritivas por meio do melhoramento genético (EMBRAPA, 2009). Contorna, dessa maneira, uma das principais problemáticas que acometem os países em desenvolvimento - a deficiência de micronutrientes como Ferro, Zinco e Vitamina A (LOUREIRO, 2018).

Tabela 2. Teores de proteína, ferro, zinco e tempo de cozimento de grãos secos da cultivar BRS Aracê

Cultivar	Proteína (%)	Ferro (mg/kg)	Zinco (mg/kg)	Tempo de Cozimento
<b>BRS Aracê</b>	25	61,7	48,6	18'20"

Fonte: EMBRAPA. Elaboração: Autor

Para o cultivo, são recomendadas cem mil plantas por hectare, adotando um espaçamento de 0,60 a 0,80 cm entre linhas e de 6 a 8 plantas por metro linear. Preconiza-se a importância da realização da análise de solo que antecede ao plantio, bem como o controle eficiente de plantas daninhas<sup>2</sup>, principalmente no período que compreende os 40 DAP<sup>3</sup>. É essencial ressaltar a necessidade de cuidados com pragas e doenças, além de realizar o controle sempre que houver risco de dano econômico. Tais cuidados asseguram uma produtividade média de 1.2 toneladas por hectare em regime de sequeiro (Tabela 3.), podendo alcançar valores superiores quando irrigado (EMBRAPA, 2009).

<sup>2</sup> Todas àquelas cujo o crescimento é espontâneo e que interferem na atividade econômica agrícola visada pelo homem

<sup>3</sup> DAP - Dias após o plantio

Tabela 3. Produtividade de grãos da cultivar BRS Aracê e das testemunhas, em cultivo de sequeiro

Estado/Município	Ano Agrícola	Produtividade (kg/ha)		
		BRS Aracê	Test. 1*	Test.2**
<b>Região Norte</b>				
Pará				
Tracuateua	2008/09	1398	1433	1108
Augusto Corrêa	2008/09	995	869	873
Tocantins				
Gurupi	2007/08	1086	548	890
<b>Região Nordeste</b>				
Sergipe				
Umbaúba	2007/08	977	718	852
Bahia				
Sítio do Quinto	2007/08	1222	898	1065
<b>Região Centro Oeste</b>				
Mato Grosso				
Primavera do Leste	2007/08	1797	1288	1428
Média		1246	959	1036
Média Relativa (%)		130	100	108

\*Testemunha 1 - Linhagem MNCOO-599F-11, parental feminino

\*\*Testemunha 2 - Linhagem MNCOO-595F2, destaque no ciclo de avaliação anterior

Fonte: EMBRAPA Meio-Norte. Elaboração: Autor

## 2.2 Plantas Daninhas – Aspectos Gerais e Tipos de Controle

Diversos foram os conceitos utilizados para definir plantas daninhas ao longo dos anos. Entretanto, de maneira geral, podemos conceituá-las como “...qualquer planta que cresce onde não é desejada” (OSÓRIO FILHO, 2019) ou “...qualquer planta ou vegetação que interfere nos objetivos do ser humano” (EWRS, 1986). Ainda, conforme outros autores, de maneira ecológica, podemos defini-las como “...plantas pioneiras de sucessão secundária, das quais campos agrícolas são um caso especial” (BUNTING, 1960) ou “...espécies oportunistas e espontâneas que ocorrem em ambientes com distúrbio humano” (PRITCHARD, 1960) e mais, “...planta sem valor econômico ou que compete, com o homem, pelo solo” (CRUZ, 1979). Geralmente, podemos considerar plantas daninhas todas aquelas cujo crescimento é espontâneo e que interferem na atividade econômica agrícola visada pelo homem.

Sua importância perpassa as esferas econômica e social, posto que sua ocorrência pode interferir diretamente nos índices de produção, podendo ocasionar perdas monetárias significativas com reflexos sociais. “Seu impacto negativo pode ocorrer em qualquer atividade humana, seja ela agrícola, florestal, pecuária, ornamental, náutica, produção de energia, etc”. (CARVALHO, 2013, p.5).

Dentre os principais aspectos negativos, conforme explana Carvalho (2013), podemos elencar a redução da produtividade e do valor da terra, perdas na qualidade de produtos agrícolas, disseminação de pragas ou doenças, elevação na dificuldade e nos custos de manejo, além de elevação no consumo de água. No entanto, pontos positivos devem ser considerados, como a possível melhora na estruturação do solo, possibilidade de cobertura vegetal, redução na perda de água por evapotranspiração, redução nas taxas de erosão e, inclusive, a possibilidade de uso de algumas espécies como o caruru (*Amaranthus* spp.) e os trevos (*Trifolium* spp.) na alimentação humana e/ou animal. Cabe, portanto, ao produtor mensurar seu grau de interferência, que ocorre principalmente por meio da ação conjunta de competição por nutrientes e/ou alelopatia.

Todavia, para o contexto do trabalho desenvolvido, plantas daninhas são tratadas sobre sua interferência negativa, posto que sua presença atua como fator limitante e considera-se como um agente biótico negativo que pode reduzir em até 60% a produção de vagens na cultura no feijão quando mantidas até aproximadamente o quadragésimo dia após o plantio (BORCHARTT, 2011; LI *et al.*, 2004). Tal consequência se dá em virtude do ciclo curto da cultura do feijão-caupi, tornando-a extremamente suscetível à competição por nutrientes com plantas daninhas (LAMEGO *et al.*, 2011).

### **2.2.1 Controle preventivo**

O controle preventivo de plantas daninhas consiste em prevenir a disseminação das espécies que interferem diretamente na atividade econômica nas áreas ainda não infestadas conforme definição proposta por Silva *et al* (2007b).

De maneira geral, a elaboração de um programa preventivo consiste em constante monitoramento, identificação da presença de potenciais plantas daninhas que podem vir a se tornar problemáticas e, principalmente, cuidados com máquinas, implementos e materiais vegetais que ingressam na área.

Podemos elencar, como principais medidas de controle preventivo, a limpeza cuidadosa de máquinas e implementos agrícolas, uso de sementes registradas, utilização de adubos orgânicos somente após o processo de fermentação, evitar tráfego de animais entre áreas infestadas e não infestadas e a manutenção de áreas contínuas às lavouras livres da presença de plantas daninhas, evitando, assim, sua disseminação (DEUBER, 1992). Evidente que fatores, como irrigação e vento, são cruciais no processo de propagação dessas espécies e exigem atenção redobrada. Conforme Lorenzi (2006), o principal agente atuante no controle preventivo é o homem.

Por conseguinte, haja vista a dificuldade de manejo, de convivência e de erradicação de plantas daninhas após introdução e sua disseminação em uma determinada área, o controle preventivo assume papel deveras importante e tende a ser o mais recomendado com a finalidade de evitar futuros ônus ao processo produtivo (GHINI, 1998).

### **2.2.2 Controle Cultural**

Conforme Oliveira (2018), consideramos como controle cultural todas as práticas que visam favorecer a cultura de interesse em detrimento das plantas infestantes. Dentre as principais medidas de controle cultural estão práticas, como a rotação de culturas - atenção para a época de plantio - cultivo de variedades indicadas e adaptadas para a região, sistema de integração lavoura-pecuária, cultivos consorciados, adoção de espaçamentos variados, diferentes arranjos espaciais de cultivo, utilização de cobertura verde e todas as práticas que objetivam a supressão das plantas daninhas (SILVA *et al.*, 2007b).

Comumente, medidas como a rotação de culturas conferem mais diversidade à zona de cultivo, reduzindo a seleção de espécies. Em complemento, a

adoção de diferentes espaçamentos e o adensamento do plantio ou a utilização de coberturas verdes proporcionam de maneira direta a redução no estabelecimento e na propagação das plantas daninhas (KNEZEVIC *et al.*, 2003). Já a integração lavoura-pecuária, conforme explanado por Oliveira (2018), tenciona a ser um dos métodos de controle cultural mais eficientes no controle de daninhas devido à grande variabilidade no sistema de manejo. Por fim, medidas simples como a cobertura do solo na entressafra, tendem a ser extremamente eficazes na supressão e na redução da propagação dessas espécies.

Portanto, a adoção das práticas de controle cultural supracitadas auxilia tanto na redução no número de sementes presentes no solo como reduzem os níveis de infestação da lavoura, além de diminuir a densidade e frequência de plantas daninhas presentes na área (OLIVEIRA, 2018).

### **2.2.3 Controle Mecânico**

O Controle Mecânico consiste no emprego de práticas de controle embasadas em métodos físico-mecânicos, como o arranquio, a capina manual, a roçada e o cultivo mecanizado (LORENZI, 2006).

Sua prática é considerada uma das mais antigas e independe de ferramentas, embora usualmente sejam feitas por meio de enxadas, enxadões, sanchos, tração animal, máquinas apropriadas ou similares. Ressalta-se que o uso do controle mecânico tem sido obrigatório principalmente em áreas públicas urbanas, posto que, conforme Lei 6.288/02, aprovada pela câmara dos deputados em 2009, veta o uso de quaisquer agrotóxicos em áreas públicas urbanas, exigindo dos governos responsáveis sua adoção.

É evidente que o seu uso, em grandes áreas, pode vir a ser oneroso, entretanto, ainda é adotado principalmente em cultivos com espaçamentos menores e, principalmente, em terrenos declivosos, onde o controle da erosão torna-se essencial (SILVA *et al.*, 2007a).



Em contrapartida, fatores como a descoberta de novas tecnologias, IOT<sup>4</sup>, inovações na área de sensoriamento e detecção avançada aliada ao uso da robótica tendem a ser fatores cruciais para um avanço significativo no controle mecânico (OLIVEIRA e BRINGHENTI, 2018).

#### **2.2.4 Controle Físico**

É importante que não confundamos o controle físico com o controle mecânico, posto que os métodos de controle físico são baseados na utilização de práticas, como o uso do fogo, inundações, solarização, inundação, drenagem e eletricidade no controle ou erradicação das plantas daninhas (SOBROZA, 2021).

Seu uso, embora pouco disseminado, confere sucesso no controle de plantas infestantes e sua prática tende a ser acessível. Todavia, note que, para que haja o sucesso na utilização desse tipo de controle, é necessário considerar variáveis, como a quantidade de luz, umidade do solo, tempo de permanência da cobertura, área atingida pelo fogo, período de inundação, etc. Dessa forma, de acordo com o tipo e porte da planta daninha, é necessário considerar quais os métodos serão mais eficazes (OLIVEIRA e BRINGHENTI, 2018).

#### **2.2.5 Controle Químico**

Por volta do início do século XX, mais precisamente nos EUA e na Europa, foram identificadas substâncias com propriedades herbicidas que moldaram a forma de exploração e desenvolvimento no meio agrário (CONCENÇO *et al.*, 2014a). De tal momento em diante, algumas práticas culturais perderam espaço e houve uma segregação das zonas destinadas à produção animal e vegetal (ZIMDAHL, 1993). De acordo com Concenço (2014), o uso de herbicidas tangenciou e possibilitou a Revolução Verde ou Revolução Agrária Contemporânea, dada a sua importância.

---

<sup>4</sup> Internet of Things – internet das coisas

O controle químico se baseia no uso de defensivos agrícolas/herbicidas para a supressão ou erradicação de populações de plantas daninhas presentes em determinada área. A sua utilização ocorre principalmente por meio de pulverizadores tratorizados, manuais ou aéreos. O sucesso nesse tipo de controle está em prevenir ou reduzir a interferência negativa de plantas daninhas no início do cultivo ou nos primeiros dias dos ciclos da cultura. Contudo, é essencial sublinhar que o emprego de tais moléculas oferece tanto vantagens como desvantagens, embora sejam essenciais nos modelos de produção contemporâneos. Diversos autores, inclusive, sugerem que o seu uso seja sempre integrado a outros tipos de controle (TAKADA, 2012; PROCÓPIO *et al.*, 2003; PONTES, 2012; SILVA *et al.*, 2007).

Dentre as principais vantagens no uso do controle químico, podemos elencar a prevenção no aparecimento de plantas daninhas, maior eficiência no controle quando aplicado nas linhas de plantio, flexibilidade na época de aplicação, diminuição do tráfego de maquinário na área, redução de gastos com controle mecanizado, elevado rendimento operacional e menor demanda de mão de obra (OLIVEIRA e BRINGHENTI, 2018). Em contrapartida, algumas desvantagens são inerentes ao processo de utilização desse método de controle, como toxicidade ao homem e aos animais, exigência de equipamentos próprios à aplicação, riscos de danos por deriva e indução de resistência nas plantas daninhas conforme explanado por Oliveira (2018).

### **2.3 Herbicidas**

“Herbicidas são compostos químicos ou agentes biológicos capazes de matar ou suprimir o crescimento de espécies específicas” (SILVA *et al.*, 2009b, p. 63). Logo, quando aplicados, possuem a capacidade de erradicar ou inibir drasticamente o crescimento de determinados grupos de plantas.

A utilização de herbicidas constitui-se como um dos componentes basilares do manejo integrado de plantas daninhas, seja pela sua elevada eficácia de controle, menor dependência de mão de obra ou pela redução dos custos de produção (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Seu uso é amplamente difundido dentro do modelo

contemporâneo de produção agrícola e contribui diretamente para reduzir prejuízos decorrentes da interferência negativa das plantas daninhas sobre as culturas. Trata-se do método mais utilizado com essa finalidade conforme o HRAC - Comitê de Ação a Resistência aos Herbicidas (2020).

De acordo com o Agrofit, plataforma pertencente ao MAPA, em agosto de 2021, constam 920 herbicidas registrados no Brasil. Dentre estes, segundo dados de comercialização de 2020, o Glifosato surge como o herbicida mais utilizado, seguido por produtos mimetizadores de auxina como o 2,4 D (HRCA, 2020).

Diversas são as classificações atribuídas aos herbicidas e aos seus efeitos. De maneira ampla, sua classificação ocorre de acordo com características específicas de cada produto, visando o conhecimento de suas propriedades e a orientação na sua aplicação (OLIVEIRA e BRIGHENTI, 2011). Diante disso, surgem classificações quanto à seletividade, à época de aplicação, à translocação e, por conseguinte, quanto à estrutura química ou mecanismo de ação conforme discriminado a seguir.

### **2.3.1 Quanto à seletividade**

- Herbicidas seletivos: São aqueles responsáveis por suprir ou inibir o crescimento de plantas daninhas em determinada cultura, sem prejudicá-la, além de um nível aceitável de recuperação. Segundo Roman (2000), para ser seletivo, o herbicida deve afetar o local de ação na planta daninha, sendo degradado ou metabolizado pela cultura sem interferência negativa na cultura de interesse.
- Herbicidas não seletivos: São produtos que possuem amplo espectro de ação, capazes de suprimir ou inibir severamente todas as plantas quando aplicados nas doses recomendadas.

### 2.3.2 Quanto à translocação

- Herbicidas com ação de contato: Não se translocam quando em contato com a planta; ou, caso haja translocação, ocorre de forma limitada. Sua ação restringe-se, exclusivamente, às partes com as quais entram em contato direto. Efeito rápido e agudo, podendo se manifestar em poucas horas.
- Herbicidas de ação sistêmica: Possuem ação crônica. O produto transloca-se pelo xilema, floema e/ou domínios simplásticos de acordo com o herbicida e época de aplicação. Existe uma correlação direta entre o seu efeito e a atividade metabólica da planta.

### 2.3.3 Quanto à época de aplicação

- Herbicidas aplicados em pré-plantio incorporado (PPI): Sua aplicação ocorre no solo e necessita de incorporação mecânica ou através de irrigação, visando a redução de perdas por volatilização.
- Herbicidas aplicados em pré-emergência (PRÉ): A aplicação é feita após a semeadura ou plantio, mas antes da emergência da cultura, das plantas daninhas ou de ambas. Dependem da umidade do solo (ZAMBOLIM *et al.*, 2003).
- Herbicidas aplicados em pós-emergência (PÓS): As aplicações ocorrem pós-emergência, o produto deve ser absorvido em maior parte via foliar.

Em complemento, no Brasil, a classificação normativa de herbicidas leva em consideração fatores, como mecanismo de ação, grupo químico, ingrediente ativo e produto comercial. Segue abaixo tabela inspirada na cartilha fornecida pelo HRAC baseada nessa forma de classificação e elaborada por Gazziero *et al.* (2004).

Figura 3. Tabela Periódica dos Herbicidas sugerida por Gazziero.

TABELA PERIÓDICA DOS HERBICIDAS									
ACCase	Nome Comum					PROTOX			
Clodinafop Diclofop Fenoxaprop Fluazifop Haloxifop Propaquizafop Quizalofop Clefoxydim Clethodim Sethoxydim Tepaloxymim	<b>CAROTENO</b>	<b>FOTOSSISTEMA ( FS )</b>				Acifluorfen Fomesafen Lactofen Oxyfluorfen Flumioxazin Flumiclorac Oxadiazon Sulfentrazone Carfentrazone			
	Clomazone Isoxaflutole Norflurazon Mesotrione	<b>FS I</b>	<b>FS II</b>						
		Diquat Paraquat	Ametryne Atrazine Cyanazine Prometryne Simazine Metribuzin Hexazinone	Diuron Linuron Propanil Tebuthiuron*	Bentazon Ioxynil				
	A	F	D	C1	C2		C3	E	
	<b>ALS</b>	<b>EPSPS</b>	<b>DIVISÃO CELULAR</b>				<b>AUXINA</b>		
	Chlorimuron Halosulfuron Metsulfuron Nicosulfuron Oxasulfuron Pyrazosulfuron Bispyribac Azinsulfuron Pyrithiobac Iodosulfuron Foramsulfuron	Imazapic Imazamox Imazapyr Imazaquin Imazethapyr Cloransulam Diclosulam Flumetsulam Flazasulfuron Etoxisulfuron	Glyphosate Sulfosate	<b>Raiz</b>	<b>Parte Aérea</b>		2,4-D Dicamba Fluroxypyr Picloran Triclopyr Quinclorac		
				<b>GLUTAMINA</b>	Oryzalin Pendimethalin Trifluralin Thiazopyr			Molinate Thiobencarb	Acetochlor Alachlor Dimethenamid Metolachlor
			Amônio- glufosinato	K1	N			K3	O
			<small>Fonte: Gazziero et al. Embrapa Soja  * Várias marcas comerciais ** Classificação dos grupos químicos por letra, adotado pelo HRAC-Internacional.  Produtos no mesmo retângulo tem alta probabilidade de apresentar comportamento semelhante, em casos de populações resistentes.</small>						

Fonte: Gazziero *et al* (2004). Embrapa Soja

### 2.3.4 Classificação Toxicológica

Por fim, e não menos importante, os herbicidas ainda estão sujeitos a uma classificação toxicológica (Figura 4.), que visa orientar o produtor sobre os cuidados necessários e exposição a riscos que a utilização de determinado produto lhe confere, conforme imagem autoexplicativa abaixo:

Figura 4. Nova Classificação toxicológica

	<b>CATEGORIA 1</b> EXTREMAMENTE TÓXICO	<b>CATEGORIA 2</b> ALTAMENTE TÓXICO	<b>CATEGORIA 3</b> MODERADAMENTE TÓXICO	<b>CATEGORIA 4</b> POUCO TÓXICO	<b>CATEGORIA 5</b> IMPROVÁVEL DE CAUSAR DANO AGUDO	<b>NÃO CLASSIFICADO</b> NÃO CLASSIFICADO
<b>PICTOGRAMA</b>					Sem símbolo	Sem símbolo
<b>PALAVRA DE ADVERTÊNCIA</b>	PERIGO	PERIGO	PERIGO	CUIDADO	CUIDADO	Sem advertência
<b>CLASSE DE PERIGO</b>						
<b>ORAL</b>	Fatal se ingerido.	Fatal se ingerido.	Tóxico se ingerido.	Nocivo se ingerido.	Pode ser perigoso se ingerido.	-
<b>DINÂMICA</b>	Fatal em contato com a pele.	Fatal em contato com a pele.	Tóxico em contato com a pele.	Nocivo em contato com a pele.	Pode ser perigoso em contato com a pele.	-
<b>INALATÓRIO</b>	Fatal se inalado.	Fatal se inalado.	Tóxico se inalado.	Nocivo se inalado.	Pode ser perigoso se inalado.	-
<b>COR DA FAIXA</b>	Vermelho PMS Red 199 C	Vermelho PMS Red 199 C	Amarelo PMS Yellow C	Azul PMS Blue 293 C	Azul PMS Blue 293 C	Verde PMS Green 347 C

Fonte: IDAF – Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal (2020)

## **2.4 Herbicidas inibidores da enzima EPSP (enol-piruvil-shiquimato-fosfato sintase) - Glyphosate**

Dentre os principais grupos de herbicidas, os mais utilizados e vendidos são os inibidores da EPSPs, mais especificamente o Glyphosate. Sua atuação provoca a inibição da enzima enol-piruvil-shikimato-fosfato sintetase que está presente na rota de síntese de aminoácidos aromáticos importantes (OLIVEIRA JR., 2011). O glyphosate e seus sais se ligam à enzima EPSP sintase, competindo com o substrato PEP (fosfoenolpiruvato). Sua inibição promove o acúmulo do composto intermediário shikimato nos vacúolos, resultando no bloqueio da síntese dos aminoácidos triptofano, tirosina e fenilalanina (VIDAL, 1997).

Como principais características do glyphosate, podemos mencionar que trata-se de um herbicida pertencente ao grupo dos inibidores da enzima EPSP, não seletivo, sistêmico do grupo químico das glycines, de ação pós-emergente. Devido a sua ação sistêmica, permite o controle de plantas daninhas, sejam mono ou dicotiledôneas. Sua ação herbicida atua tanto na parte aérea, como nas raízes. Possui um amplo espectro de controle, sendo indicado para folhas largas e estreitas. Em decorrência de sua ação sistêmica, é bastante utilizado para o controle de plantas daninhas perenes ou ainda com órgãos de propagação vegetativa (bulbos, rizomas e tubérculos). Possui ação dessecante e é fortemente adsorvido aos colóides do solo logo após aplicação (MONSANTO).

A absorção do produto se dá pela área foliar e transloca-se rapidamente até atingir o floema, sendo acumulado nos tecidos meristemáticos. Posteriormente, ocorre estagnação do crescimento da planta, seguido de cloroses e necroses, resultando na morte da planta nos dias subsequentes.

## **2.5 Herbicidas inibidores da ACCase – Fenoxaprop (PODIUM)**

Os herbicidas inibidores da ACCase, também conhecidos como graminicidas, são comumente utilizados em culturas dicotiledôneas desde meados dos anos 70 e constituem uma das classes mais numerosas de herbicidas registrados no Brasil (Vidal, 2002). Seu uso é indicado pós-emergência, sendo seletivos para as culturas dicotiledôneas (folhas largas).

Sua atuação ocorre dentro do cloroplasto e promove a inibição da enzima Acetil-Co-A carboxilase. Em seguida, ocorre o bloqueio da síntese de ácidos graxos/lipídeos nas plantas suscetíveis, prejudicando a formação das paredes celulares, desestruturando e afetando diretamente a permeabilidade de membranas e tecidos em formação (BURKE *et al.*, 2006).

Sua ação sistêmica ocorre rapidamente após absorção pelas folhas, sendo translocado pelo xilema e floema, perpassando os espaços externos às membranas plasmáticas – apoplasto. Sua atividade no solo tende a ser baixa ou nula, não sendo indicados em pré-emergência. São indicados para o controle de gramíneas anuais e perenes (RODRIGUES, 2005) e apresentam antagonismo com herbicidas mimetizadores de auxinas (indicados para folhas largas) como o 2,4 D e Dicamba.

Os principais sintomas ocasionados pela ação dos inibidores da ACCase são a paralisação do crescimento, clorose das folhas novas, amarelecimento, coloração arroxeadada ou avermelhada nas folhas mais velhas, seguida de morte apical (De Felice *et al.*, 1989).

De maneira mais específica, dentre os inibidores da ACCase amplamente utilizados, podemos citar o Fenoxaprop como destaque. Trata-se de um herbicida seletivo, aplicado na pós-emergência do grupo dos Ácidos ariloxifenoxipropiônicos e indicado para culturas de Alface, Algodão, Batata, Cebola, Cenoura, Ervilha, Feijão, Melão, Melancia, Soja e Tomate. Sua aplicação ocorre após os estádios iniciais da cultura, quando a competição ainda não possui interferência negativa (BAYER). Seu uso contumaz decorre, principalmente, pela forte ação graminicida em aplicações de pós-emergência

## **2.6 Herbicidas hormonais - Mimetizadores da auxina – 2,4 D**

Dentro da categoria de herbicidas, existem os mimetizadores de auxina, também chamados de auxinas sintéticas. São denominados dessa forma pela sua similaridade química com a auxina natural presente nas plantas, sendo o **AIA** o mais

difundido. Sua ação promove o controle de eudicotiledôneas, entretanto, possuem alta suscetibilidade à lixiviação, elevada translocação no solo e intoxicação de organismos não alvo (FERREIRA, 2007).

A ação sistêmica desses herbicidas provoca um desequilíbrio hormonal nos vegetais, acarretando a obstrução de tecidos vasculares complexos (SILVA; FERREIRA, 2007). Dessa forma, induzem a alterações bioquímicas e metabólicas que afetam a síntese de ácidos nucléicos e da parede celular. Resultam, sobretudo, na intensa atividade e divisão e alongamento celular que, por conseguinte, provocam epinastia, retorcimento e deformações tanto nas folhas (nervuras e limbo foliar) como no caule, engrossamento das raízes e gemas terminais, interrupção do fluxo de seiva no xilema e floema, cloroses, necroses e senescência da planta (VOLTOLINI *et al.*, 2015; GAZZIERO, 1985). Dentre os principais herbicidas vinculados a este grupo estão o 2,4 D, Dicamba, MCPA e Picloram.

Algumas plantas, como as gramíneas, possuem níveis de tolerância a esses herbicidas, fator que ocorre em decorrência da capacidade desses vegetais de sintetizar antiauxinas, responsáveis por competir pelos sítios de absorção (DEUBER, 2006). Seu uso está atrelado ao controle de plantas com folhas largas e possuem ação dessecante. Seu uso não deve ser associado com inibidores de ACCase, pois podem neutralizar graminicidas. Trata-se, sobretudo, de uma categoria de herbicidas amplamente utilizada em grandes culturas, como trigo, arroz, pastagens e cana-de-açúcar.

Dentre os mimetizadores de auxina, o ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4 D) merece destaque. Sintetizado em 1941, é um herbicida seletivo, sistêmico e de pós-emergência do grupo químico ácido ariloxialcanóico.

Indicado para aplicação no controle de plantas infestantes nas culturas de trigo, milho, soja, arroz (irrigado e de sequeiro), aveia, sorgo, cana-de-açúcar, café e pastagens. Costumeiramente, seu uso é associado ao Glyphosate para dessecação pré-semeadura. Contudo, após aplicação, permanece ativo por longos períodos no solo e na água em decorrência da baixa degradação biológica (SANTOS *et al.*, 2000). É considerado perigoso ao meio ambiente, pois apresenta baixa adsorção aos coloides do solo e alta suscetibilidade à lixiviação. Cabe mencionar que doses muito



baixas podem ocasionar sintomas de fitotoxidez em culturas como milho e soja. (BRITO *et al.*, 2001).

Segundo Saad (1978) *apud*. SILVA (2010b), seus efeitos fitotóxicos se manifestam por meio de encarquilhamento e encurvamento das folhas, epinastia, hastes rígidas e com volume anormal, além do aparecimento de órgãos mal constituídos. É essencial destacar que, quando mal manuseado, também é considerado perigoso ao ser humano, acarretando danos hepáticos, cardíacos e nervosos (VIEIRA e PRADO, 1999).

## **2.7 Controle químico e fitotoxidez na cultura do feijão-caupi proveniente de Herbicidas**

A cultura do feijão-caupi pode sofrer perdas severas de produtividade provenientes da alta suscetibilidade à competição com plantas daninhas, seja por água, espaço, luz ou nutrientes. Segundo LI (2004), a interferência negativa de plantas daninhas na cultura do caupi pode acarretar perdas de até 60% na produtividade.

O período crítico de competição, de acordo com Cobucci *et al* (1996), engloba de 20 a 30 dias após a emergência das plantas. Os principais fatores que contribuem para essa desvantagem do feijão-caupi em relação às plantas daninhas estão no seu porte baixo, crescimento inicial mais lento e sistema radicular pivotante (COBUCCI *et al.*, 1996). Cabe enfatizar que as relações de competição dependem de vários fatores, como a espécie da planta daninha, fertilidade do solo, densidade de plantas por área, disponibilidade de água, etc.

Diante do exposto, o controle químico na cultura do feijão-caupi apresenta-se como uma alternativa crucial que visa não apenas incrementos de produtividade, mas redução da mão de obra, maior eficiência no controle das plantas daninhas, além de mostrar-se como principal alternativa à capina manual.

Não obstante, poucos são os trabalhos que abordam a seletividade e os efeitos de herbicidas na cultura do caupi, seja em aplicações de pré ou pós-emergência. Tal escassez de trabalhos, somado ao baixo número de produtos

registrados para a cultura, limita os estudos nessa área, como a exploração e recomendação do uso de herbicidas em campo (Silva *et al.*, 2014; Brasil, 2016). Conforme Pontes (2012), para um uso seguro e com a finalidade de evitar possíveis efeitos fitotóxicos, é essencial o conhecimento prévio do produto acrescido de estudos preliminares.

A avaliação de fitotoxicidade decorrente de herbicidas na cultura do feijão caupi apresenta problemáticas que perpassam desde alta variabilidade genética da cultura como o número ínfimo de produtos registrados e permitidos por órgãos governamentais. Tais fatores acabam por refletir em poucos trabalhos de pesquisa na área e um restrito conhecimento dos níveis de tolerância ou suscetibilidade para o feijão-caupi. (Harrison & Fery 1993; Oliveira & Silva, 2008; Fontes *et al.*, 2010).

Sem pormenorizar, o manejo de plantas daninhas em *Vigna unguiculata* tende a seguir parâmetros e procedimentos adotados também no feijão *Phaseolus*. O controle para gramíneas inclina-se a ser realizado pós-emergência e não se constitui um desafio. Contudo, o feijão-caupi é considerado uma leguminosa com suscetibilidade a herbicidas (PROCÓPIO *et al.*, 2003). A inexistência de produtos seletivos acarreta comumente em casos de fitotoxidez durante a aplicação no intuito de controlar daninhas de folhas largas, como relatado por Sizenando Filho (2013), Pereira (2020) e Inácio (2016). Em contrapartida, cabe mencionar que casos de fitotoxidez apresentaram remediação dos danos e sintomas causados à medida que existe o avanço das fases fenológicas e desenvolvimento das plantas (CRUZ *et al.*, 2018; Wander E.A *et al.* 2005).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

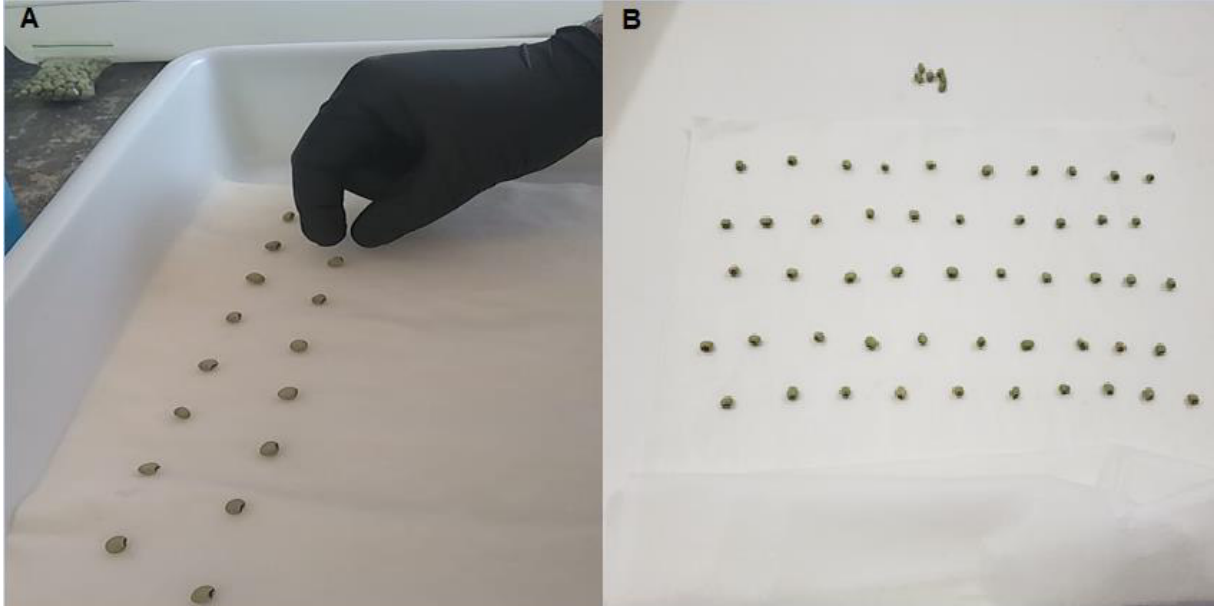
Os experimentos foram realizados no Laboratório de Análise de Sementes (LAS), em casa de vegetação anexa ao LAS e nos canteiros da horta didática vinculados ao Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. Foram utilizadas sementes de feijão-caupi, cultivar BRS Aracê, safra 2020, provenientes do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da UFC. Foram conduzidos três ensaios, o primeiro, visando estimar a taxa de germinação de sementes sob exposição das moléculas de herbicidas; o segundo, com o objetivo de verificar a emergência de plântulas sob o efeito das moléculas em ambiente e substratos controlados; e o terceiro, com o intuito de avaliar o efeito residual da molécula mais danosa para a cultura que fora observada nos ensaios que o antecederam.

#### 3.1 Ensaio 1 – Germinação em sementes de feijão-caupi sob efeito de herbicidas

O primeiro ensaio consistiu na realização de teste de germinação padrão com a finalidade de verificar taxa-resposta das sementes sob exposição das moléculas dos herbicidas Glyphosate, ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4D), Fenoxaprop, 2,4D + Glyphosate e 2,4D + Fenoxaprop.

Foram utilizadas 200 sementes de feijão-caupi, cultivar BRS Aracê, para cada tratamento, distribuídas em 4 repetições de 50 sementes, distribuídas de maneira equidistante sobre folhas de papel para germinação previamente umedecidas com quantidade de água ou solução herbicida equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato (Figura 5.). Posteriormente, os rolos foram acondicionados em câmara de germinação do tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) em condições controladas de temperatura, fotoperíodo e umidade. As soluções herbicidas foram preparadas conforme recomendações e concentração previstas pelo fabricante (Tabela 4.). Os tratamentos adotados foram: T0 - controle, T1 - solução com glyphosate (445g/L), T2 - Solução com ácido 2,4-diclorofenoxiacético (806g/L) e T3- solução com fenoxaprop (110g/L) e suas interações, T4 - glifosato+2,4D e T5 - fenoxaprop + 2,4D conforme descrito na (Tabela 4.).

Figura 5. Montagem do Teste de germinação em folhas de papel. A. Distribuição de sementes da cultivar BRS Aracê sobre substrato papel. B. Arranjo final das sementes distribuídas.



Fonte: Dados de pesquisa / Autor

Tabela 4. Ensaio 2 - Tratamentos com suas respectivas dosagens e concentração

<b>Avaliação de Fitotoxidez - Ensaio 2</b>			
	<b>Tratamentos</b>	<b>Dosagem (L/ha)</b>	<b>i.a (g/L)</b>
T0	CONTROLE		
T1	GLIFOSATO	4,5	445 g/L
T2	2,4 D	1,75	806 g/L
T3	FENOXAPROP (PODIUM)	0,75	110 g/L
T4	GLIFOSATO x 2,4 D	4,5/1,75	445/806 g/L
T5	FENOXAPROP X 2,4 D	0,75/1,75	110/806 g/L

Fonte: Dados da pesquisa / Autor

As avaliações foram realizadas no quinto (PC – Primeira contagem) e no oitavo dia (contagem final) após a montagem do experimento, visando a determinação do percentual de sementes germinadas (emissão da radícula primária com 1 mm) (MARCOS-FILHO, 2015), plântulas classificadas como normais, plântulas classificadas como anormais e sementes mortas ou não germinadas conforme os

critérios estabelecidos pelas Regras de Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009). Em seguida, submetidos às análises estatísticas e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software “R”.

### **3.2 Ensaio 2 – Emergência em plântulas de feijão-caupi submetidas à herbicidas em pré emergência.**

O teste de emergência foi realizado em casa de vegetação, coordenadas - 3.741599, -38.577444, vinculada ao Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da UFC, sob condições de temperatura e umidade ambiente. A temperatura média da região durante a execução do experimento, foi de 27,5°C, a umidade relativa de 73,3%, com índice pluviométrico abaixo de 3 mm (FUNCEME, 2021). O ensaio visou, sobretudo, verificar a capacidade de sementes em estabelecer-se quando submetidas aos herbicidas Glyphosate, Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4D), Fenoxaprop e as interações Glyphosate + 2,4 D e Fenoxaprop e 2,4D .

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com 6 tratamentos e 4 repetições. Abaixo, conforme Tabela 4, segue os tratamentos adotados com respectivas dosagens e quantidade de ingrediente ativo. Para sua prática, foram utilizadas novamente sementes do cultivar BRS Aracê, sendo quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, distribuídas em bandejas de isopor com 200 células, cada uma correspondendo a um tratamento. O substrato utilizado foi areia com partículas moderadamente uniformes previamente autoclavada. Após a semeadura, cada uma das bandejas foi pulverizada com água ou solução herbicida nas dosagens supracitadas com auxílio de um pulverizador manual de compressão. Nos dias subsequentes, cada tratamento fora irrigado com 750ml de água diariamente.

---

Tabela 4. Ensaio 2 - Tratamentos com suas respectivas dosagens e concentração

Avaliação de Fitotoxidez - Ensaio 2		
Tratamentos	Dosagem (L/ha)	i.a (g/L)
T0	CONTROLE	
T1	GLIFOSATO	4,5
T2	2,4 D	1,75
T3	FENOXAPROP (PODIUM)	0,75
T4	GLIFOSATO x 2,4 D	4,5/1,75
T5	FENOXAPROP X 2,4 D	0,75/1,75

Fonte: Dados da pesquisa / Autor

A avaliação do ensaio foi efetuada diariamente até o oitavo dia após a semeadura (DAS), contabilizando o número de plântulas emergidas, considerando-se, nessa condição, aquelas que possuíam folhas seminais aparentes, acima do nível do substrato. Posterior ao período de contagem, foram selecionadas de maneira aleatória dez plantas por repetição para mensurações qualitativas. Para isto, calculou-se o índice de velocidade de emergência (IVE) conforme a fórmula proposta por Maguire (1962) (equação 1). Em complemento, foram mensurados o Percentual de emergência (% PE), a massa fresca e seca da parte aérea (MFPA; MSPA), a massa fresca e seca da parte radicular (MFPR, MSPR) e por fim, o comprimento da parte aérea e radicular (CPA, CPR). Os dados foram submetidos a testes de normalidade e para Análise de Variância (ANOVA) a 5% de probabilidade. Observada sua significância, os dados foram submetidos ao teste para comparações de médias – Tukey a 5% de probabilidade.

$$IVE = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn} \quad (1)$$

Em que:

IVE = Índice de Velocidade de Germinação;

G = Número de sementes germinadas;

N = Número de dias após a semeadura;

### 3.3 Ensaio 3 – Avaliação do efeito residual de herbicidas em plântulas de feijão-caupi.

Com a finalidade de mensurar o efeito residual das moléculas Glyphosato +2,4D observadas nos ensaios anteriores, foi montado o terceiro experimento em área agregada ao setor de horticultura, vinculado ao Departamento de Fitotecnia da UFC, cuja as coordenadas são -3.739596, -38.576247.

Foram previamente selecionados cinco canteiros com dimensões de 10 metros de comprimento por um metro de largura que se encontravam em pousio. Em seguida, foram distribuídos nos canteiros os seguintes tratamentos: T0 - controle (sem aplicação de herbicida); T1 - aplicação do herbicida sete dias antes do semeio; T2 - aplicação do herbicida 14 dias antes do semeio; T3 - aplicação do herbicida 21 dias antes do semeio e T4 - aplicação do herbicida 28 dias antes do semeio (Tabela 5).

Tabela 5. Teste de Fitotoxidez com Glyphosate e 2,4D.

Tratamentos e Período de aplicação	
Tratamentos	Dias anteriores à sementeira
T0	Controle - Sem aplicação
T1	7
T2	14
T3	21
T4	28

Fonte: Dados de pesquisa / Elaboração: Autor

No período que precedeu a sementeira, ocorreram pulverizações com 7, 14, 21 e 28 dias conforme tratamentos distintos, utilizando solução Glyphosate e 2,4D nas dosagens de 4,5 e 1,75 L/ha respectivamente. Todas as aplicações foram realizadas a 5 centímetros do solo com temperaturas inferiores a 35°C e umidade relativa superior a 60%. O equipamento utilizado foi um pulverizador manual de compressão.

Subsequentemente às aplicações, fora realizado o plantio de maneira simultânea para todos os canteiros após breve preparo que consistiu no revolvimento do solo. Duzentas sementes cultivar BRS Aracê foram plantadas por tratamento,

distribuídas em 4 linhas com 50 sementes, sendo adotado o espaçamento de 10 cm entre plantas e 20 cm entre linhas, cada linha correspondendo a uma repetição. Tal disposição foi adotada visando uma menor interferência de possível sombreamento decorrente da vegetação circunvizinha e com a premissa de coletar dados para mensurações quantitativas como IVE, percentual de emergência (%PE), massa fresca e seca da parte aérea (MFPA; MSPA), massa fresca e seca da parte radicular (MFPR, MSPR) e comprimento da parte aérea e radicular (CPA, CPR).

Semelhante ao segundo ensaio, a avaliação do experimento foi efetuada diariamente até o oitavo dia após a semeadura (DAS), contabilizando o número de plântulas emergidas, considerando-se, nessa condição, aquelas que possuíam folhas seminais aparentes acima do nível do substrato. Após o oitavo dia, foram selecionadas aleatoriamente dez parcelas de cada repetição, totalizando 40 amostras por tratamento, destinadas às análises quantitativas citadas anteriormente.

Para as avaliações qualitativas de fitotoxicidade, foi realizado monitoramento visual no oitavo dia após o semeio (DAS). Como parâmetro de caracterização, utilizou-se a escala de notas da European Weed Research Council - EWRC (1964), adaptada (Tabela 6.), bem como o agrupamento e a estimativa percentual conforme sintomas predominantemente apresentados.

Tabela 6. Classificação da escala EWRC para fitotoxicidade nas plantas. Campina Grande, PB, 2006

<b>Classificação - EWRC</b>	
<b>Índice</b>	<b>Fitotoxicidade à planta</b>
1	Nula (testemunha)
2	Muito Leve - Pequenas alterações em poucas plantas
3	Leve - Pequenas alterações visíveis em muitas plantas
4	Moderada leve - Descoloração sem necrose
5	Média - Deformação folhas e brotos
6	Quase Forte - Encarquilhamento, necrose
7	Forte - Atinge mais de 80% das folhas
8	Muito forte - Danos extremamente graves
9	Total - Morte da planta

Fonte: Escala da EWRC, Camargo (1972)



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Ensaio 1 - Germinação em sementes de feijão-caupi sob efeito de herbicidas

Conforme análise estatística dos valores obtidos no teste de germinação (Tabela 7.), foi observado que os percentuais de germinação (PG) não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos controle, solução com Glyphosate e solução com Fenoxaprop, resultando em taxas superiores a 96%.

Tabela 7. Dados médios de Primeira Contagem (PC), Porcetagem de Germinação (PG), Plântulas Normais, Plântulas Anormais e Sementes Mortas.

Tratamentos	PC (%)	PG (%)	Normais (%)	Anormais (%)	Sementes Mortas (%)
T0	65,5 a	98,5 a	90,5 a	9,0 b	0,5 c
T1	44,4 b	97,7 a	0 b	98,0 a	2,0 c
T2	1,0	2,5 b	0 b	2,5 c	97,5 b
T3	43,2 b	96,5 a	0 b	96,5 a	3,5 c
T4	0 c	0 c	0 b	0 c	100,0 a
T5	0 c	0 c	0 b	0 c	100,0 a
V (%)	10,69	3,34	9,24	5,64	3,25

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em complemento, constata-se que apenas o “controle (T0)” apresentou plântulas caracterizadas como normais divergindo dos demais tratamentos. Ressalta-se ainda que as sementes submetidas à solução Glyphosate e Fenoxaprop, mesmo com elevadas taxas de germinação, divergiram estatisticamente na “Primeira Contagem (PC %)” em relação ao “controle (T0)”, além de não resultarem em plântulas devidamente formadas. Para esses casos (T1 e T3), possivelmente em decorrência da dosagem utilizada, foi evidenciado que o processo de embebição e emissão de radícula ocorreram, entretanto o desenvolvimento de plântulas foi cessado por necroses acarretadas pelo contato da parte radicular com o substrato<sup>5</sup>. Lembramos

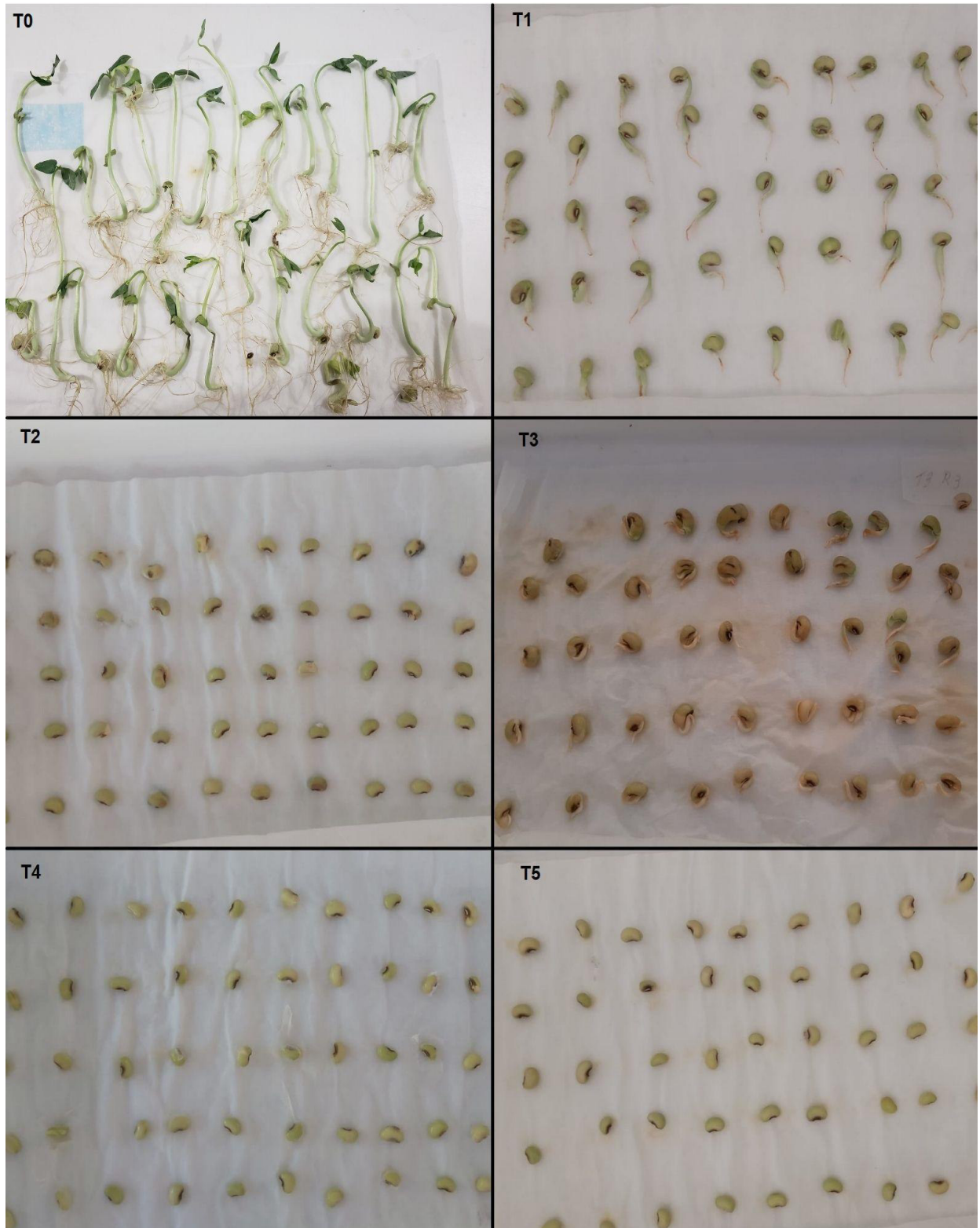
<sup>5</sup> Papel para germinação embebido com as soluções herbicidas nas dosagens discriminadas na tabela 4.

que são consideradas sementes germinadas todas aquelas que emitiram radícula com ao menos 1mm de comprimento (MARCOS-FILHO, 2015). Ademais, os tratamentos com Glyphosate e Fenoxaprop estatisticamente não resultaram em diferenças significativas na letalidade de sementes quando comparados ao controle (T0).

Os tratamentos com 2,4 D e as suas interações (T2, T4 e T5) resultaram em nulas ou baixas porcentagens de sementes germinadas. Foi observada uma elevada quantidade de parcelas consideradas como “sementes mortas” conforme definição proposta pela RAS (2009), posto que, ao final do teste, não germinaram, não estavam duras, nem dormentes, apresentaram-se amolecidas e sem nenhum sinal de início de desenvolvimento. Relata-se ainda que foi observado o início do processo de embebição, todavia, em predominância, não existiram emissões de radícula para a maioria das parcelas (Figura. 6).

Os resultados obtidos mostraram que as sementes expostas ao 2,4 D, e suas interações tiveram seu processo de germinação inibido em consonância com metodologias de inibição praticadas em soja e milho com o uso do sal de sódio do ácido 2,4 - diclorofenoxiacetato, relatadas por Farias *et al* (2003).

Figura 6. Teste de Germinação – Abertura dos rolos para germinação ao 8º dia – contagem final. T0 - Controle, T1 - Solução com Glyphosate, T2 - Solução com Ácido 2,4-diclorofenoxiacético e T3- solução com Fenoxaprop e suas interações, T4 - Glifosato+2,4D e T5 - Fenoxaprop + 2,4D



#### 4.2 Ensaio 2 - Emergência em plântulas de feijão-caupi submetidas à herbicidas em pré emergência.

Em semelhança aos resultados obtidos no teste de germinação, o teste de emergência não apresentou diferenças significativas no percentual de emergência” (PE) entre o controle e os tratamentos com Glyphosate e Fenoxaprop, resultando em valores médios superiores a 93% conforme evidenciado na Tabela 8. Também foram observadas similaridades a nível estatístico quanto ao índice de velocidade de emergência (IVE), evidenciando que, para os tratamentos supracitados, o vigor relativo das amostras se equipararam.

Tabela 8. Dados médios de porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de germinação (IVE), massa fresca e seca da parte radicular (MFPR, MSPR) e parte aérea (MFPA, MSPA), comprimento da parte aérea e radicular (CPR, CPA).

Tratamentos	PE	IVE	MFPA (g)	MFPR (g)	MSPA (g)	MSPR (g)	CPA (cm)	CPR (cm)
T0	96,00a	35,49a	9,55a	4,05a	0,72a	0,76a	14,34a	8,33a
T1	94,00a	32,82a	7,97b	1,77b	0,87b	0,37b	12,13b	5,05c
T2	0 b	0b	0c	0c	0c	0c	0c	0d
T3	93,00a	32,67a	9,25a	4,27a	0,75a	0,51d	13,28a	7,51b
T4	0 b	0b	0c	0c	0c	0c	0c	0d
T5	0 b	0b	0c	0c	0c	0c	0c	0d
CV (%)	5,27	12,03	10,49	13,32	12,29	14,25	11,71	13,6

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os tratamentos com a solução de Glyphosate e Fenoxaprop proporcionaram o desenvolvimento de plântulas normais, considerando-se, nessa condição, aquelas com capacidade de continuar seu desenvolvimento e que apresentaram todas as estruturas essenciais (BRASIL, 2009). O resultado obtido sobrevém possivelmente pelo não contato do sistema radicular diretamente com a solução herbicida, bem como da lixiviação proporcionada pelas irrigações diárias.

Concernente às mensurações quantitativas de massa fresca e seca da raiz e da parte aérea (MFPA, MFPR, MSPA, MSPR), não foram observadas diferenças significativas entre o controle e as amostras submetidas à solução com Fenoxaprop.

Reitera, portanto, que a ação de herbicidas inibidores da enzima Acetilcolinesterase possuem baixa ou nula atividade no solo, com pouco influência em pré-emergência (RODRIGUES, 2005). No entanto, o tratamento com solução herbicida com Glyphosate (T2) divergiu estatisticamente dos demais. Nota-se que, para este caso, houve padrões significativamente inferiores ao Controle (T0). Tais resultados evidenciam a manifestação de possíveis efeitos fitotóxicos, decorridos possivelmente da não seletividade do herbicida, inexistência de genes de resistência no feijão-caupi, bem como reflexos do acúmulo de shiquimato pela inibição da enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS) (AMARANTE JÚNIOR e SANTOS, 2002). Nesse caso, a possível redução na produção de aminoácidos e metabólitos secundários resultou em menores índices de massas frescas e secas e comprimentos, tanto da parte aérea como raiz (OLIVEIRA JR., 2011). A nível visual, foi possível constatar sintomas como clorose, má-formação foliar (Figura.7), além de uma redução considerável no porte, parte radicular e área foliar em comparação com a Testemunha (T0) conforme Figura 8.

Figura 7. Clorose em plântula submetida a solução herbicida glyphosate em pré emergência.



Fonte: Dados de Pesquisa / Autor

No que concerne aos tratamentos submetidos ao 2,4 D e suas interações (T2, T4 e T5), os dados de todas as variáveis divergiram estatisticamente dos demais tratamentos. Todas as parcelas expostas à molécula 2,4 D não resultaram em amostras de plântulas normais e não foram observadas taxas de germinação consideráveis, conforme dados obtidos no teste de germinação.

Foi evidenciado que sementes de feijão-caupi expostas, no período de semeadura, à molécula 2,4 D nas concentrações estabelecidas resultaram em efeito fitotóxico grave<sup>6</sup>, decorrendo em inibição completa do desenvolvimento. Tal resultado, repetiu-se, inclusive, na presença de moléculas antagônicas, como o Fenoxaprop, que se trata de um inibidor da ACCase. Conforme mencionado anteriormente, o efeito obtido deve-se, provavelmente, a um desbalanço hormonal e metabólico desencadeado pela presença de auxinas sintéticas em concentração considerável. Ressalta-se que, mesmo diante do alto potencial de translocação de mimetizadores de auxina, o efeito não foi diluído no substrato de areia ou mediante irrigação diária durante os oito dias de avaliação.

---

<sup>6</sup> Conforme Tabela 6. sugerida pelo European Weed Research Council - EWRC (1964)



Figura 8. Parcelas dos Diferentes Tratamentos submetidos no Ensaio 2 – Teste de Emergência. (T0 – Controle; T1–solução Glyphosate; T2 – solução 2,4D; T3 – solução Fenoxaprop; T4 – solução 2,4 + Glyphosate; T5 – solução Glyphosate + Fenoxaprop)



Fonte: Dados de Pesquisa / Autor

### 4.3 Ensaio 3 - Avaliação do efeito residual de herbicidas em plântulas de feijão-caupi.

Os dados qualitativos e quantitativos do teste residual evidenciaram manifestação de sintomas fitotóxicos no feijão-caupi-BRS Aracê em todos os períodos de aplicação para a dosagem utilizada, divergindo significativamente em relação à testemunha. Foi observado uma redução gradual (diluição) dos efeitos e dos sintomas à medida que os intervalos entre a semeadura e aplicação aumentavam (Tabela 9.)

Tabela 9. Dados médios de porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE), massa fresca e seca da parte radicular (MFPR, MSPR) e parte aérea, (MFPA, MSPA), comprimento parte aérea e raiz (CPA, CPR)

Tratamentos	PE	IVE	MFPA (g)	MFPR (g)	MSPA (g)	MSPR (g)	CPA (cm)	CPR (cm)
T0	98,50 a	53,91 a	16,20 a	3,57 b	1,39 a	0,29 b	12,44 a	5,95 a
T1 - 7 DAS	14,50 d	2,63 c	2,17 e	1,65 d	0,16 e	0,14 d	2,50 d	0,87 d
T2 - 14 DAS	48,50 c	12,94 d	5,56 d	2,42 c	0,36 d	0,22 c	8,19 c	2,36 c
T3 - 21 DAS	88,50 b	40,90 b	9,55 c	2,45 c	0,71 c	0,21 c	10,83 b	2,81 c
T4 - 28 DAS	93,50 a	42,30 b	12,82 b	5,36 a	1,01 b	0,44 a	12,15 a	3,28 b
CV (%)	6,38	13,21	11,09	20,74	12,64	15,78	8,72	10,54

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ; <sup>2</sup> DAS - Dias antes do semeio.

Nota-se que, com exceção do tratamento 4, cuja aplicação foi 28 dias anteriores à semeadura, todos os demais tratamentos acarretaram em redução significativa e proporcional das taxas percentuais de germinação (PG/EPC). Em complemento, foi observada correlação direta entre o incremento dos intervalos de aplicação e os índices de velocidade de emergência (IVE), havendo similaridade estatística apenas para os intervalos de 21 e 28 dias (T3 e T4). Tais dados evidenciam a redução gradual, à medida que os intervalos aumentam, da interferência negativa fitotóxica da solução herbicida “2,4D + Glyphosato” para as taxas de germinação e para o IVE.

No que se refere às mensurações de Massa Seca e Fresca da Parte Aérea e da Raiz em equivalência aos resultados obtidos no PG e IVE, fora observada



correspondência entre o aumento dos intervalos de aplicação e os acréscimos nos índices de Massa.

Entretanto, como exceção, os resultados observados para Massa Seca e Fresca da Parte Aérea e do Sistema radicular para o tratamento com o “intervalo de aplicação de 28 dias anterior à sementeira (T4)” obtiveram valores superiores à testemunha (T0). Tais dados justificam-se tanto pela aparente diluição dos efeitos fitotóxicos presentes no tratamento quanto pela sua ação herbicida que reduziu significativamente possíveis plantas competidoras de nutrientes, água, luz e espaço. Podemos ainda considerar que, mesmo com a diluição do efeito fitotóxico, a ocorrência de auxinas sintéticas no solo, em concentrações reduzidas, promoveu o alongamento e a divisão celular, resultando em maiores índices de Massa.

Resultados correlatos também foram observados para as variáveis de comprimento de Parte Aérea e Raiz, onde foi notório o abrandamento dos efeitos fitotóxicos à medida que os períodos de aplicação da solução herbicida eram mais distantes da data de sementeira. Ademais, é necessário ressaltar que os valores obtidos da Parte da Aérea do Tratamento 4 (28 dias) equiparam-se aos da testemunha a nível estatístico.

No que concerne à análise visual e sua classificação, os principais sintomas observados foram epinastia, encarquilhamento, necroses, cloroses, deformações tanto no caule como na área foliar (nervuras e limbo foliar), encurvamento de hastes e anormalidades em seu volume, além do aparecimento de órgãos mal constituídos. A frequência de aparecimento dos sintomas e seu agrupamento, conforme tabela de classificação do EWRC, seguem abaixo (tabela 10.).

Tabela 10. Frequência e notas ao oitavo dia após o plantio, conforme índice proposto pela EWRC.

Porcentagens de Mudanças (%)									
Tratamento	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
T1 - 7 DAS	0	0	0	0	0	1,2	2,8	13,5	82,5
T2 - 14 DAS	0	0	0	0	14,3	18,5	7,2	8,5	51,5
T3 - 21 DAS	28,5	0	0	11,2	12,5	36,3	0	0	11,5
T4 - 28 DAS	60	0	0	10,5	13,9	9,1	0	0	6,5

<sup>1</sup>DAS: Dias anteriores ao semeio; Fonte: Dados de Pesquisa / Autor

Verificou-se que os efeitos fitotóxicos nas amostras mesmo quando a semeadura ocorreu após 28 dias da aplicação, embora em menor gravidade e proporção àqueles observados nos ensaios relatados anteriormente (Tabela 10.). Observa-se também que, mesmo após 7 dias da aplicação, as moléculas da solução da herbicida promoveram forte inibição no processo germinativo, resultando em uma taxa de germinação baixa e um alto percentual de sementes mortas.

Para o tratamento T2, o qual a semeadura ocorreu após 14 dias da aplicação, observou-se ainda o processo inibitório, entretanto aproximadamente metade do estande germinou. Nesse caso, foram observados efeitos fitotóxicos de moderados a graves, englobando epinastia, clorose, deformações nas folhas e brotos, encarquilhamento e necrose nos percentuais discriminados acima (Figuras 9 e 10.).

Somente nos tratamentos com intervalos de aplicação de 21 e 28 dias (T3 e T4) foram observadas amostras similares à testemunha, evidenciando uma possível degradação progressiva das moléculas utilizadas (Figura 11.). Contudo, sintomas como encarquilhamento, clorose e epinastia ainda foram observados.

Figura 9. Sintomas Fitotóxicos – Epinastia, clorose e encarquilhamento



Fonte: Dados de Pesquisa / Autor

Figura 10. Sintomas Fitotóxicos – Epinastia, Necrose, Clorose, Má-formação da área foliar e parte radicular.



Fonte: Dados de Pesquisa / Autor

De maneira geral, os efeitos encontrados podem ser explicados pela dinâmica dos herbicidas no solo, posto que as moléculas de 2,4 D apresentam forte translocação e baixas taxas de degradação biológica, permanecendo ativo por longos períodos conforme sugerido por VIEIRA (2009) e SANTOS *et al.*(2000). Nesse caso, seus efeitos foram observados mesmo após 28 dias entre a aplicação e a semeadura. Em contrapartida, conforme sugerido por ANDRIGHETTI (2014), o Glyphosate possui alta adsorção aos coloides do solo e rápida taxa de degradação pela microbiota, resultando em uma menor interferência negativa.

Os resultados sugerem que há significativa correlação entre os sintomas de fitotoxidez avaliados e a ação das moléculas do 2,4 D presentes no solo, haja vista que seus efeitos fisiológicos promovem a acidificação e alongamento da parede celular, promovendo crescimento desordenado, epinastia e deformação de tecidos (VOLTOLINI *et al.*, 2015). Ademais, ressalta-se ainda, em decorrência do alto potencial inibitório e fitotóxico desencadeado, é reiterado a ação não seletiva desses herbicidas para a cultura do feijão-caupi, principalmente em pré-emergência, posto que as maiores presenças de tecidos meristemáticos tornam plantas jovens mais suscetíveis em acordo com o explanado por REZENDE (2014).



Figura 11. Parcelas dos Diferentes Tratamentos submetidos no Teste Residual (T0 – Controle; T1 – Plantio 7 DAA<sup>7</sup>; T2 - Plantio 14 DAA ; T3 – Plantio 21 DAA; T4 - Plantio 28 DAA)



Fonte: Dados de Pesquisa / Autor

---

<sup>7</sup> DAA - Dias após a aplicação

## 5 CONCLUSÕES

- I. Quando aplicado em pré-emergência, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) BRS-Aracê apresenta suscetibilidade à molécula 2,4-diclorofenoxiacetato de sódio.
- II. O contato direto das moléculas “2,4D”, “2,4D” + Glyphosate e “2,4D” + Fenoxaprop inibiu o processo de germinação em feijão-caupi – BRS Aracê.
- III. Em campo, quanto mais curto o intervalo entre a semeadura e a aplicação da solução 2,4D + Glyphosate, mais severos são os efeitos fitotóxicos em feijão caupi – BRS Aracê. Foi evidenciada a manifestação de efeitos residuais 28 dias posteriores à aplicação.
- IV. A exposição de sementes de feijão-caupi ao herbicida Fenoxaprop não provocou inibição de germinação ou efeitos fitotóxicos.
- V. A exposição de sementes de feijão-caupi – BRS Aracê aos herbicidas 2,4D e Glyphosate, quando aplicados em pré emergência, desencadeou efeitos fitotóxicos, corroborando com a não seletividade dos produtos para a cultura.

## REFERÊNCIAS

AGBICODO, E. M.; C. A. FATOKUN; S. MURANAKA, R. G. F. VISSER; C. G. LINDENVAN DER. Breeding drought tolerant cowpea: constraints, accomplishments, and future prospects. **Euphytica**, v. 167, p. 353-370, 2009.

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em:<[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 05 agosto 2021.

AMARANTE JUNIOR, O.P.; SANTOS, T.C.R. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, São Paulo, v.25, n.4, p.589-593, 2002

ANDRIGHETTI, M.S; NACHTIGALL, G.R.; QUEIROZ, S. N. S. Biodegradação de glifosato pela microbiota do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), v. 38, p. 1643-1653, 2014.

BARBOSA, M. S. *et al.* Análise socioeconômica e tecnológica da produção de feijão-caupi no município de Tracuateua, Nordeste Paraense. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v. 5, n. 10, p. 7- 25, 2010.

BORCHARTT, L. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.3, p.725-734, 2011.

BERVALD, C. M. P.; MENDES, C. R.; TIMM, F. C.; MORAES, D. M.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T. Desempenho fisiológico de sementes de soja de cultivares convencional e transgênica submetidas ao glifosato. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, jun. 2010.

BOYER, J. S. Water deficits and photosynthesis. In: Kozlowski, T.T. (ed.) Water deficits and plant growth. New York: **Academic Press**, v.4, p.154-191, 1978.

BRASIL, **Regras para análise de sementes**. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Mapa/ACS. 399p. 2009

CAMARGO, P. N. **Controle químico de plantas daninhas**. 4.ed. Piracicaba: ESALQ, 421p, 1972.

CARDOSO, M. J. **A cultura de feijão-Caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. Circular técnica, 28, 2000.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agronômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamentos entre linhas e densidades de plantas sob regime de sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n.01, p. 102-105. 2006

CAVALCANTE, S. N.; DUTRA, K. O. G.; MEDEIROS, R.; LIMA, S. V.; SANTOS, J. G.R.; ANDRADE, R.; MESQUITA, E. F. Comportamento da produção do feijoeiro macassar (*Vigna unguiculata* L. Walp) em função de diferentes dosagens e concentrações de biofertilizante. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, n. 1, p. 10-14, 2009

CARVALHO, L. B.. **Plantas Daninhas / Herbicidas**, Lages, SC, 2013.

COUTINHO, C. *et al.* Mecanismo de ação, degradação e toxidez. **Ecotoxicol e meio ambiente**, v.15, p.65-72, 2005.

CRUZ, A. B. & Rocha, P. **Seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós emergência na cultura do feijão-caupi na Savana Amazônica**. Nativa, 2018.

CRUZ DE CARVALHO, M. H.; LAFFRAY, D.; LOUGUET, P. Comparison of the physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 40, p. 197–207, 1998.

FARIAS, C. R. J. ; DEL PONTE, E. M. ; MAGRO, T.D. ; PIEROBOM, C.R. Inibição de germinação de sementes de trigo e milho em teste de sanidade em substrato de papel. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, RS, v. 9, n.2, p. 141-144, 2003.

EMBRAPA MEIO-NORTE - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de Produção – Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina, 2002.

EMBRAPA MEIO-NORTE - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **BRS Aracê**: Cultivar de feijão-caupi com grãos cor verde-oliva e rica em ferro e zinco. Cartilha. Piauí, 2009

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Documentos – **Melhoramento Genético do Feijão-Caupi na Embrapa Semi-Árido**. Petrolina, 2007

FONTES, J. R. A.; SHIRATSUCHI, L. S.; NEVES, J. L.; JÚLIO, L. de; SODRÉ FILHO, J. **Manejo integrado de plantas daninhas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M.S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. 84 p, 21 ed., Teresina, 2011.

FREIRE FILHO, F. R. ; ROCHA, M. M. ; RIBEIRO, V. Q. ; DAMASCENO-SILVA, K. J. LOPES, A. M. ; CRAVO, M. S. ; CARVALHO, H. W. L.; **BRS Aracê: cultivar de feijão-caupi com grãos de cor verde oliva rica em ferro e zinco**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009.

FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Ciência e Tecnologia de Alimentos** (Impresso) v. 28, p. 470-476, 2012.

GAZZIERO, D.L.P.; NEUMAIER, N. **Sintomas e diagnose de fitotoxicidade de herbicidas na cultura da soja**. Londrina, PR: Embrapa-CNPSO, 1985

GOMES FILHO, A.; RODRIGUES, E. N.; RODRIGUES, T. C.; SANTOS, V. J. N.; ALCÂNTARA, S. F.; DE SOUZA, F. N. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de feijão-caupi cv. BRS Pajeú. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 4, p. 60-73, 2019.

GOMES FILHO, R. R.; Tahin, J. F. Respostas fisiológicas de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata*) eretos e decumbentes a diferentes níveis de irrigação. **Engenharia na Agricultura**, v.10, p.56-60, 2002.

INACIO, E. M. **Impactos da deriva do herbicida 2,4-D em culturas sensíveis**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016 p.93.

HARRISON JR., H. F.; FERY, R. L. Differential bentazon response in cowpea (*Vigna unguiculata*). **Weed Technology**, Lawrence, v. 10, n. 3, p. 756-758, 1993.



LAMEGO FP, Basso CJ, Vidal RA, Trezzi MM, Santi AL, Ruchel Q, Kaspary TE & Gallon M (2011) Seletividade dos herbicidas smetolachlor e alachlor para o feijão-carioca. **Planta Daninha**, 29:877-883, 2011.

LEITE, M. de L.; VIRGENS FILHO, J. S. das. Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas a déficits hídricos. Publicatio UEPG **Ciências Agrárias e da Terra**, Ciências Agrárias e Engenharias. Ponta Grossa. v.10, n.1,p.43-51, 2004.

LI R, Yumei ZG & Zhanzhi. Damage loss and control technology of weeds in cowpea field. **Weed Science**, 2:25-26, 2004.

LIMA, J. R. S.; Antonino, A. C. D.; Soares, W. A.; Silva, I. F. **Estimativa da evapotranspiração do feijão-caupi utilizando o modelo de Penman-Monteith**, v.11, p.477-491, 2006.

LIMA, L. M.; Alves, E. ; Souza, M. A. S. ; Purcino Neto, J. . **Microscopia de Varredura de oídio em *Vigna unguiculata* supridas com silício**. In: VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 2008, São José dos Campos. VIII EPG, 2008.

LOUREIRO, M.P; Cunha, L.R.; Nastaro, B.T.; Biofortificação de alimentos: problema ou solução? **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 25, p. 66-84, 2018.

MACHADO, J. da C. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Brasília: Ministério da Educação, ESAL: FAEPE, 1988.

MAFRA, R. C. **Contribuição ao estudo do “feijão massacar”**: fisiologia, ecologia e tecnologia de produção. In: Curso de Treinamento para pesquisadores em feijão caupi, Goiânia. EMBRAPA CNPAF/IITA, p.01-39.1979.

MANAF, H. H.; ZAYED, M. S. Productivity of cowpea as affected by salt stress in presence of endomycorrhizae and *Pseudomonas fluorescens*. **Annals of Agricultural Sciences**. [s.l.]v.60, n. 2, p. 219–226, 2015.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento - 3º **Levantamento da Safra de Grãos 2020/2021**, 2020a.

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

MENDES, R. M. S.; Távora, F. J. A. F.; Pinho, J. L. N.; Pitombeira, J. B. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Ciência Agrônômica**, v.38, p.95-103, 2007.

NASCIMENTO, S. P. ; BASTOS, E. A. ; ARAÚJO, E. C. E. ; FREIRE FILHO, F. R. ; SILVA, E. M. . Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Impresso) , v. 15, p. 853-860, 2011.

OLIVEIRA, M. F. de; BRIGHENTI, A. M.. Resumo: **O controle de plantas daninhas é prática importante na produção de alimentos**. Brasília, 2018.

OSORIO FILHO, B. D; RATKE, B. **Dinâmica de comunidades de plantas infestantes em função de diferentes manejos**. In: 9º Salão Integrado de Ensino Pesquisa e Extensão - Siepex, Porto Alegre, 2019.

PADULOSI, S. & Ng, N. Q. **Origin, taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** In B.B. Singh, D.R. Mohan Raji and K.E. Dashiell, Advances in cowpea research. Ibadan, Nigeria: IITA, (p. 1-12), 1997

PADGETTE, S. R.; KOLACZ, K. H.; DELANNAY, X.; RE, D. B.; VALLEE, B. J.; TINIUS, C. N.; RHODES, W. K.; OTERO, Y. I.; BARRY, G. F.; EICHHOLTZ, D. A.; PESCHKE, V. M.; NIDA, D.L. ; TAYLOR, N. B.; KISHORE, G. M. Development, identification, and characterization of a glyphosate tolerant soybean line. **Crop Science**, v. 35, n. 5, p. 1451-1461, 1995.

PEREIRA, Renalison Farias. **Caracterização bioquímica, nutricional e funcional de genótipos elite de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).** 2013. 78 f. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, Programa de Pós-Graduação em Bioquímica, Fortaleza, 2013.

PEREIRA, R. de CA ; MARINHO, JT. de S; COSTA JG. **Caracterização botânica, morfológica e agrônômica de cultivares de caupi**. Rio Branco - EMBRAPA-CPAF - Boletim de Pesquisa. p.12, 1997.

PINTO, L.T, PIZZARO, J. C. **Desempenho de cultivares crioulas de feijão-de-corda do cariri cearense em condições de seca: seleção de matérias tolerantes**. Universidade Federal do Cariri, 2018.

QUEIRÓZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Arido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

RACHIE, K.; RAWAL, K.M. **Integrated approaches to improving cowpeas, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.**, Technical Bulletin, 5, p36, 1976.

REZENDE, E. H. ; SOUSA, N. J. ; SOUZA, M. D. ; TETTO, A. F. ; MALINOVSKI, R. A. . Fitotoxicidade de Diferentes herbicidas pré-emergentes em mudas de *Eucalyptus Urophylla* submetidas à aplicação em pré e pós plantio. **Enciclopédia Biosfera** , v. 10, p. 1781, 2014.

RIVAS, R. *et al.* Drought tolerance in cowpea species is driven by less sensitivity of leaf gas exchange to water deficit and rapid recovery of photosynthesis after rehydration. **South African Journal of Botany**. África do Sul, v. 103, p. 101–107, 2016.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5 ed. Londrina: autores, 2005.

RODRIGUES, João Elias Lopes Fernandes [*et al.*]. **Avaliação da Produtividade de Cultivares de Feijão-Caupi para Cultivo no Estado do Pará** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2020.

ROMAN, E. S. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Jornal da Cotrijal, Não-Me-Toque/RS, p. 6 - 6, 24 nov. 2001.

ROMAN, E. S. **Mecanismos de ação de herbicidas**. Passo Fundo - RS: Embrapa Trigo, 2000 (Folder).

SANTOS, P. R. **Germinação, vigor e crescimento de duas cultivares de feijoeiro em soluções salinas**. 48 f. Dissertação (Mestrado em Solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006.

SILVA, A.B; VASCONCELOS, P. L. R. ; MELO, L. D. A ; SILVA, SANTANA, M. B. . Diagnóstico da produção de feijão-caupi no Nordeste brasileiro. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v 16, p 1-5, 2018.

SILVA, C. M. *et al.* Tolerância do feijão caupi (*Vigna unguiculata* var. USA) a herbicidas aplicados em pré e pós-emergência. **Boletim Informativo**, Londrina, v. 6, n. 1, p. 6-7, 2000.

SILVA, A. F. *et al.* Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 75-84, 2009.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, J. B. **Métodos de controle de plantas daninhas**. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2009b. p. 63-81.

SILVA, A. J. da *et al.* Resposta do feijão-caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40. n. 1, p. 31-36, 2010.

SILVA, F. M. L. ; CAVALIERI, S. D. ; SÃO JOSE, A. R. ; ULLOA, S. ; VELINI, E.D. . **Efeito residual de 2,4-D sobre a emergência de soja em solos com texturas distintas**. Ribeirão Preto - SP: SBCPD, 2010b.

SILVA JÚNIOR, Elson Barbosa da. **Eficiência simbiótica de estirpes de rizóbio inoculadas na cultura do feijão-caupi com ênfase na região Centro-Oeste do Brasil**. 2015. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

SIMPLICIO, S. F. Características de crescimento e produção do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) sob aplicação de herbicidas. **Revista Agrotec** p.55-62. ISSN: 0100-7467. UFPB, Paraíba, 2016.

SIZENANDO FILHO, F. A. Seletividade de diferentes herbicidas ao feijão-caupi. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 3, p. 84-90, 2013.

SOBROZA B. R.; FRANCETTO, T. R.; EGUILHOR, H.R.; B. Inovações tecnológicas em máquinas agrícolas para controle de plantas daninhas. **Tecnológica**. Santa Cruz do Sul, v. 25, p. 98-108, 2021.

SUMMERFIELD, R. J., Huxley, P. A., & Steel, W. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Field Crop Abstracts**, 27, 301-312, 1974.

VERDECOURT, B. **Studies in the Leguminosae - Papilionoideae for Piora of Tropical East Africa**'. Kew Bulletin, 24:507-69, 1970. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19711705059>> Acesso: 02 de julho, 2020.

VIDAL, R. A. **Ação dos herbicidas: absorção, translocação e metabolização**. Porto Alegre: Evangraf, 2002. 89 p.

VIDAL, R. A. *et al.* Resistência de Eleusine indica aos inibidores de ACCase. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 163-171, 2006.

VIEIRA, E.M ; LANDGRAF, M.D. ; REZENDE, M.O. . Estudo da Adsorção/dessorção do Ácido 2,4 Diclorofenoxiacético (2,4D) em solo na ausência e presença de matéria orgânica. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n.3, p. 305-308, 1999

VOLTOLINI, G. B.; CASTANHEIRA, D. T.; GONÇALVES, A. H.; SILVA, L. G.; NASCIMENTO, T. L. C.; MENICUCCI NETTO, P. **Ação do herbicida 2,4 D sobre o crescimento de mudas de caféiro**. IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Curitiba – PR, 2015. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/4130>> Acesso em 05 de julho, 2020.

WANDER E.A; RAMALHO P.A.M; ANDRADE B.J.M. **Cultivo do feijão da primeira e segunda safra na região sul de Minas**. EMBRAPA Arroz e Feijão. ISSN 1979-8869, 2005.

ZIMDAHL, L. C. Biological weed control. In: ZIMDAHL, L. C. **Fundamentals of weed science**. Fort Collins: Colorado State University, 565 p, 1999.