



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

LARISSA RAQUEL FAGUNDES COSTA BEZERRA

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA NA
CULTURA DA CEBOLA EM SEMEADURA DIRETA**

MOSSORÓ

2025

LARISSA RAQUEL FAGUNDES COSTA BEZERRA

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA NA
CULTURA DA CEBOLA EM SEMEADURA DIRETA**

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

Linha de Pesquisa: Proteção de Plantas

Orientador: Daniel Valadão Silva, Prof. Dr.

Coorientador: Paulo Sergio Fernandes das Chagas, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B574s Bezerra, Larissa Raquel Fagundes Costa Bezerra.
SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-
EMERGÊNCIA NA CULTURA DA CEBOLA EM SEMEADURA
DIRETA / Larissa Raquel Fagundes Costa Bezerra
Bezerra. - 2025.
48 f. : il.

Orientador: Daniel Valadão Silva Silva.
Coorientador: Paulo Sergio Fernandes das
Chagas Chagas.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
--Selecione um Curso ou Programa--, 2025.

1. Allium cepa L.. 2. Plantas daninhas. 3.
Controle químico. 4. Fitointoxicação. 5. Tolerância.
I. Silva, Daniel Valadão Silva, orient. II.
Chagas, Paulo Sergio Fernandes das Chagas, co-
orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

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

LARISSA RAQUEL FAGUNDES COSTA BEZERRA

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA NA
CULTURA DA CEBOLA EM SEMEADURA DIRETA**

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

Linha de Pesquisa: Proteção de Plantas

Defendida em: 30/04/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **DANIEL VALADAO SILVA**
Data: 04/07/2025 12:12:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Daniel Valadão Silva, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **TALIANE MARIA DA SILVA TEOFILO**
Data: 04/07/2025 13:38:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Taliane Maria da Silva Teófilo, Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **HAMURABI ANIZIO LINS**
Data: 04/07/2025 14:50:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Hamurábi Anizio Lins, Prof. Dr. (UEFS)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **GUILHERME BRAGA PEREIRA BRAZ**
Data: 04/07/2025 14:59:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Guilherme Braga Pereira Braz, Dr. (Cooperativa Comigo)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **ROQUE DE CARVALHO DIAS**
Data: 05/07/2025 18:58:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Roque de Carvalho Dias, Prof. Dr. (UFTM)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir que eu chegasse até aqui, por me conceder coragem e garra para trilhar os caminhos e conseguir conquistar os objetivos traçados.

A meu marido, que sempre esteve ao meu lado e me deu apoio nos dias em que precisei, me trazendo de volta para o eixo quando tudo parecia que não daria certo.

À minha família, que sempre me apoiou e me motivou para que eu fizesse as melhores escolhas, aos meus pais, Rosineide e Luciano, que sempre torceram para o meu sucesso e minhas irmãs, Laura e Letícia, que sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos.

A meu Orientador, professor Dr. Daniel Valadão, por sempre me mostrar o melhor caminho a seguir, por me motivar e sempre estar me orientando da melhor forma. Agradeço por toda a contribuição em minha vida acadêmica e profissional. Obrigada por ser essa pessoa incrível e sempre disposto a ver nosso melhor.

Agradeço à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pelo espaço disponibilizado para que o trabalho pudesse ser realizado; ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES, pela concessão da bolsa.

Agradeço ao Núcleo de Estudos em Matologia no Semiárido (NOMATO), por todo o apoio prestado durante a realização do trabalho, uma vez que sem vocês nada seria possível. Em especial a Jesley Bandeira e Mateus Ribeiro, companheiros da cebola, e a Carolina Ramirez, que sempre estiveram dispostos a me ajudar.

Aos membros da banca examinadora e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pelo conhecimento compartilhado, e a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização do trabalho. Muito obrigada!

RESUMO

A cebola é altamente sensível à interferência de plantas daninhas, especialmente em sistemas de semeadura direta, devido ao seu crescimento inicial lento e à baixa capacidade competitiva. O uso de herbicidas representa uma alternativa mais eficiente e econômica do que a capina manual, porém seu uso seguro requer atenção à seletividade da cultura. Considerando que a resposta da cebola aos herbicidas depende tanto da dose quanto do estágio fenológico no momento da aplicação, torna-se essencial investigar combinações adequadas entre épocas e doses que minimizem os riscos de fitointoxicação e garantam o sucesso do manejo químico, sem perdas de produtividade e qualidade dos bulbos. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar a seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da cebola. Cinco experimentos foram realizados concomitantemente em condições de campo no município de Mossoró (RN), Brasil. Cada experimento correspondeu a um herbicida: flumioxazina, oxadiazon, oxyfluorfen e pendimetalina. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições para cada herbicida. Cada experimento constou de 15 tratamentos, correspondendo a aplicações de doses fracionadas e cheias aplicadas sequencialmente em diferentes estágios, além de uma testemunha sem aplicação de herbicida. Foram avaliadas a fitointoxicação de cada tratamento e a produtividade, por meio da classificação, contagem e pesagem dos bulbos. Todos os herbicidas apresentaram seletividade para a cebola. A flumioxazina apresentou sintomas leves a moderados até 30 g i.a. ha⁻¹, sendo tolerada pela cultura. O oxadiazon foi seletivo até a dose de 250 g i.a. ha⁻¹, com sintomas leves e sem impacto na produtividade. O oxyfluorfen foi seletivo até 129 g i.a. ha⁻¹, especialmente quando aplicado em estágios mais avançados e com uso de doses fracionadas. A pendimetalina mostrou-se seletiva em todas as doses testadas (910 a 2730 g i.a. ha⁻¹), com sintomas leves e recuperação completa das plantas. Em todos os experimentos, a predominância de bulbos da Classe 3 evidenciou boa qualidade comercial da cebola após o uso dos herbicidas. Os herbicidas avaliados podem ser utilizados como ferramentas viáveis no manejo de plantas daninhas na cultura da cebola, desde que seja respeitado o posicionamento técnico de dose e época de aplicação, especialmente em regiões de clima semiárido.

Palavras-chave: *Allium cepa* L. Plantas daninhas. Controle químico. Fitointoxicação. Tolerância.

ABSTRACT

The onion crop is highly sensitive to weed interference, especially under direct-seeding systems, due to its slow initial growth and low competitive ability. The use of herbicides represents a more efficient and cost-effective alternative compared to manual weeding, however their safe use requires attention to crop selectivity. Considering that the onion's response to herbicides depends on both the dose and the phenological stage at the time of application, it becomes essential to investigate suitable combinations of timing and dosage that minimize the risk of phytotoxicity while ensuring successful chemical management without compromising bulb yield and quality. In this context, the objective of this study was to evaluate the selectivity of post-emergence herbicides in onion cultivation. Five experiments were conducted simultaneously under field conditions in Mossoró, Rio Grande do Norte, Brazil. Each experiment corresponded to one herbicide: flumioxazin, oxadiazon, oxyfluorfen, and pendimethalin. A randomized block design was used, with three replications for each herbicide. Each experiment consisted of 15 treatments, including sequential applications of reduced and full doses at different growth stages, as well as a control treatment with no herbicide application. Phytotoxicity symptoms were evaluated for each treatment, along with yield through bulb classification, counting, and weighing. All herbicides showed selectivity for the onion crop. Flumioxazin caused mild to moderate symptoms up to 30 g a.i. ha⁻¹, which were tolerated by the crop. Oxadiazon was selective up to 250 g a.i. ha⁻¹, with mild symptoms and no impact on yield. Oxyfluorfen was selective up to 129 g a.i. ha⁻¹, especially when applied at more advanced stages and using split doses. Pendimethalin was selective at all tested doses (910 to 2730 g a.i. ha⁻¹), with mild symptoms and full plant recovery. In all experiments, the predominance of Class 3 bulbs indicated good commercial quality of the onions following herbicide application. The evaluated herbicides can be considered viable tools for weed management in onion crops, provided that proper technical guidelines regarding application timing and dosage are followed, especially in semi-arid climates.

Keywords: *Allium cepa* L. Weeds. Chemical control. Phytotoxicity. Tolerance.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Dados INMET referentes à temperatura, umidade relativa e precipitação durante realização do experimento em campo. 21
- Figura 2.** Produtividade comercial da cebola após aplicação de doses do herbicida flumioxazina em diferentes épocas. 27
- Figura 3.** Classificação de bulbos de cebola após a aplicação em pós-emergência do herbicida flumioxazina em diferentes doses e épocas. 28
- Figura 4.** Produtividade comercial da cebola após aplicação de doses do herbicida oxadiazon em diferentes épocas. 32
- Figura 5.** Classificação de bulbos de cebola após a aplicação em pós-emergência do herbicida oxadiazon em diferentes doses e épocas. 33
- Figura 6.** Produtividade comercial da cebola após aplicação de doses do herbicida oxyfluorfen em diferentes épocas. 35
- Figura 7.** Classificação de bulbos de cebola após a aplicação em pós-emergência do herbicida oxyfluorfen em diferentes doses e épocas. 36
- Figura 8.** Produtividade comercial da cebola após aplicação de doses do herbicida pendimetalina em diferentes épocas. 39
- Figura 9.** Classificação de bulbos de cebola após a aplicação em pós-emergência do herbicida pendimetalina em diferentes doses e épocas. 40

LISTA DE TABELA

- Tabela 1.** Análise química do solo da área experimental. 22
- Tabela 2.** Doses, época de aplicação e estágio de desenvolvimento da cebola para aplicação em pós-emergência dos herbicidas flumioxazina (Flu), oxadiazon (Oxa), oxyfluorfen (Oxy) e pendimetalina (Pen). 24
- Tabela 3.** Níveis de fitotoxicidade em cebola (*Allium cepa*) aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do herbicida oxyfluorfen, nas doses de 28,8 (Dose 1) e 57,6 g i.a. ha⁻¹ (Dose 2) em folha 1, 57,6 (Dose 1) e 86,4 (Dose 2) em folha 3 e 86,4 (Dose 1) e 129,6 (Dose 2) em folha 5. Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 34
- Tabela 4.** Níveis de fitotoxicidade em cebola aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do herbicida flumioxazina, nas doses de 10 (Dose 1) e 15 g i.a. ha⁻¹ (Dose 2) em folha 1, 20 (Dose 1) e 25 (Dose 2) em folha 3 e 25 (Dose 1) e 30 (Dose 2) em folha 5. Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 26
- Tabela 5 – Tabela 3.** Níveis de fitotoxicidade em cebola aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do herbicida pendimetalina, nas doses de 455 (Dose 1) e 910 g i.a. ha⁻¹ (Dose 2) em folha 1, 3 e 5. Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 37
- Tabela 6.** Níveis de fitotoxicidade em cebola aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do herbicida oxadiazon, nas doses de 125 (Dose 1) e 250 g i.a. ha⁻¹ (Dose 2) em folha 2, 3 e 5. Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). 30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DAA	Dias após a aplicação
DAS	Dias após a semeadura
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
SBCPD	Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
REFERÊNCIAS	15
DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO NA SELETIVIDADE DE HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA DA CEBOLA EM SEMEADURA DIRETA.....	17
RESUMO.....	17
ABSTRACT	18
1 INTRODUÇÃO	19
2 MATERIAL E MÉTODOS	21
2.1 LOCALIZAÇÃO E CLIMA	21
2.2 PREPARAÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO	21
2.3 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO	22
2.4 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO E MANEJO DA CULTURA	22
2.5 APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS	23
2.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	23
2.7 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	24
2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	25
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
3.1 FLUMIOXAZINA	26
3.2 OXADIAZON	30
3.3 OXYFLUORFEN	33
3.4 PENDIMENTALINA.....	37
4 CONCLUSÃO.....	42
5 REFERÊNCIAS	44
ANEXOS	47

INTRODUÇÃO GERAL

A cebola (*Allium cepa* L.), pertencente à família Alliaceae, é uma das hortaliças mais antigas cultivadas pela humanidade (Brewster, 2008). Atualmente, destaca-se como a principal hortaliça bulbosa de importância econômica mundial, sendo cultivada em mais de 175 países, em diferentes condições edafoclimáticas, com predominância em regiões de clima temperado, subtropical e tropical (FAO, 2023). A produção global de cebola supera 100 milhões de toneladas por ano, liderada por países como China, Índia, Estados Unidos, Egito e Turquia (FAO, 2023).

A produção brasileira de cebola é concentrada principalmente nos estados de Santa Catarina, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Minas Gerais, Goiás, Bahia e Pernambuco, com os dois últimos estados respondendo por praticamente toda a produção de cebola da região Nordeste (Embrapa, 2025). O estado do Rio Grande do Norte produziu 5.399 toneladas, distribuídas em 580 hectares de áreas colhidas, com rendimento médio de 9.309 kg ha⁻¹ no ano de 2023. Apesar do volume expressivo, o Brasil ainda não é autossuficiente no abastecimento interno, o que exige a importação do produto para suprir a demanda nacional. (IBGE, 2023). Segundo Vilela *et al.* (2005), a cadeia produtiva de cebola no Brasil gera mais de 250 mil empregos diretos no setor da produção, evidenciando sua relevância para a geração de renda no país.

Ainda que a cultura da cebola apresente sua importância econômica e social, a cebola enfrenta diversos desafios, dentre os quais se destacam a elevada exigência nutricional, o uso intensivo de irrigação, o manejo fitossanitário rigoroso e, especialmente, a interferência das plantas daninhas, que competem por luz, água, espaço, CO₂ e nutrientes, causando perdas significativas na produtividade e na qualidade dos bulbos (Reis *et al.*, 2018; Olescowicz *et al.*, 2021; Gupta *et al.*, 2020). Além da competição direta por recursos essenciais, algumas plantas daninhas liberam compostos alelopáticos no solo, os quais afetam negativamente o crescimento e o desenvolvimento da cultura, intensificando os danos causados pela matocompetição (Zanatta *et al.*, 2006).

O manejo de plantas daninhas nos cultivos de cebola é uma prática essencial à manutenção de altos índices produtivos, especialmente devido ao crescimento inicial lento da cultura, que favorece o estabelecimento precoce das espécies infestantes (Soares *et al.*, 2003; Olescowicz *et al.*, 2021). Além disso, o sistema radicular superficial da cebola, aliado à aplicação frequente de fertilizantes e à irrigação regular, cria um ambiente propício ao

desenvolvimento dessas plantas, tornando o controle um desafio significativo (Reis *et al.*, 2018; Gupta *et al.*, 2020).

Estudos apontam que a interferência das plantas daninhas pode ocasionar perdas de produtividade na cebola entre 40% e 100%, a depender da intensidade, duração da competição e condições de manejo. Freitas Souza *et al.* (2020) relataram que a convivência prolongada com plantas daninhas pode reduzir em até 95% a produtividade e em 91% o peso médio dos bulbos, e que, sob elevada infestação, essas perdas podem chegar a 100%. Resultados semelhantes foram observados por Braz *et al.* (2020), que verificaram reduções de até 94,5%, e por Santos *et al.* (2021), que também reportaram perdas totais em condições extremas. Sob infestações intensas de comunidades mais agressivas, perdas de até 100% também foram reportadas por Sankar e Lawande (2011).

Esses desafios tornam-se ainda mais evidentes em cultivos de cebola estabelecidos por semeadura direta, uma vez que, nesse sistema, as plantas apresentam menor vigor inicial e maior sensibilidade durante o estabelecimento em campo, tornando-se mais suscetíveis à competição com as plantas daninhas (Ferreira *et al.*, 2000). Além disso, a semeadura direta expõe a cultura a uma maior vulnerabilidade à fitointoxicação por herbicidas, quando comparada ao sistema de transplântio, representando um obstáculo adicional para o manejo químico (Jat *et al.*, 2018, citado por Olescowicz *et al.*, 2021). Apesar dessas limitações, o interesse dos produtores nesse sistema tem aumentado, especialmente devido à menor demanda por mão de obra, recurso cada vez mais escasso no meio rural e, consequentemente, pela redução dos custos de produção em comparação ao plantio com mudas (Factor *et al.*, 2011).

Para mitigar os danos causados pela competição, o controle de plantas daninhas deve ser realizado o mais cedo possível, buscando-se um equilíbrio entre o custo do manejo e o aumento do rendimento da cultura (Al-Khazali *et al.*, 2023). Freitas Souza *et al.* (2020) destacam que, ao longo dos anos, o período crítico de prevenção à interferência de plantas daninhas (PCPI) tem se ampliado, o que reforça a necessidade de adotar medidas de controle logo nos estágios iniciais do ciclo da cebola. Embora a remoção manual das invasoras represente uma alternativa tecnicamente viável, essa prática é considerada inviável economicamente, devido ao alto custo e à elevada demanda por mão de obra, fatores que encarecem significativamente a produção (Dhananivetha *et al.*, 2017). Essa elevação dos custos operacionais evidencia a importância de estratégias de manejo eficientes e sustentáveis para assegurar a viabilidade econômica da cultura.

O uso do controle químico tem se mostrado a alternativa mais eficiente e prática no

manejo de plantas daninhas na cultura da cebola. No entanto, o número reduzido de herbicidas registrados para essa cultura, aliado à escassez de estudos que comprovem a seletividade desses produtos, sobretudo em sistemas de cultivo por semeadura direta, gera incertezas entre os produtores quanto à segurança e eficácia das aplicações (Olescowicz *et al.*, 2021). Uma abordagem amplamente empregada para mitigar esse problema é o uso de herbicidas pré-emergentes, que atuam no controle das plantas daninhas durante a fase inicial de desenvolvimento da cultura, seguido por uma ou duas aplicações em pós-emergência para complementar o manejo (Santos *et al.*, 2023).

De acordo com o Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT), do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), os herbicidas registrados para uso na cultura da cebola em sistema de semeadura direta incluem o oxadiazon, a pendimetalina e o ioxinyl (AGROFIT, 2024). O oxadiazon e a pendimetalina são recomendados para aplicação em pré-emergência, atuando no controle de gramíneas e plantas daninhas de folhas largas, ao passo que o ioxinyl é aplicado em pós-emergência, sendo eficaz no controle de dicotiledôneas. Apesar da existência desses produtos com registro, o número reduzido de moléculas disponíveis, aliado à carência de informações quanto à seletividade e eficiência sob diferentes condições de cultivo, ainda representa uma limitação técnica significativa.

Além desses produtos, é crescente o uso por produtores de herbicidas como o oxyfluorfen e a flumioxazina, que, embora não possuam registro oficial para a cebola em semeadura direta, vêm sendo empregados de forma empírica em aplicações de área total. Essa prática, embora recorrente, carece de embasamento técnico que assegure a eficácia no controle das plantas daninhas e, principalmente, a seletividade à cultura, especialmente em fases iniciais de desenvolvimento, nas quais as plantas de cebola apresentam maior sensibilidade.

Estratégias como a aplicação de doses fracionadas e escalonadas têm sido sugeridas para reduzir a fitointoxicação da cebola (Cavalieri, 2016, citado por Pires, 2023), melhorar a eficácia no controle das plantas daninhas (Kaur *et al.*, 2024) e aumentar a seletividade dos produtos aplicados (Žveplan *et al.*, 2022). Evidências experimentais indicam que o posicionamento correto de herbicidas, como o oxadiazon, possibilita produtividades semelhantes às obtidas em áreas capinadas manualmente (Pires, 2023). Da mesma forma, os herbicidas cletodim, quizalofope e ioxinyl demonstraram seletividade à cebola nas condições avaliadas, sem comprometer características agronômicas como altura, biomassa da parte aérea e rendimento de bulbos (Santos *et al.*, 2023).

Diante disso, observa-se a necessidade de aprofundar os estudos com os herbicidas aplicados em pós-emergência, como o oxyfluorfen e flumioxazina, amplamente utilizados em campo, mas ainda não registrados para a cultura da cebola em semeadura direta. Ao mesmo tempo, é fundamental avaliar, sob as condições edafoclimáticas do semiárido, a seletividade e a eficácia de herbicidas já registrados, como oxadiazon, ioxinyl e pendimetalina, que são pouco utilizados, em parte por causa da escassez de pesquisas regionais. Com base nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da cebola cultivada por semeadura direta em condições de semiárido, visando a contribuir para um manejo químico mais seguro, eficiente e sustentável.

REFERÊNCIAS

- AL-KHAZ'ALI, Ammar Jassim; SALMAN, Khudair A.; AHMED, Ahmed Sh. Evaluation of the efficiency of some herbicides for controlling the weeds outgrowth in onion field (*Allium Cepa* L.). **Syrian J. of Agri. Res.**, v. 10, n. 1, p. 362-370, 2023.
- BOND, W.; BURSTON, S. Timing the removal of weeds from drilled salad onions to prevent crop losses. **Crop Protection**, v. 15, n. 2, p. 205-211, 1996.
- BREWSTER, James L. **Onions and other vegetable alliums**. CABI, 2008.
- DE FREITAS SOUZA, Matheus *et al.* Soil water availability alter the weed community and its interference on onion crops. **Scientia Horticulturae**, v. 272, p. 109573, 2020.
- EMBRAPA. **Sistema de produção da cebola**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/162406/1/Socioeconomia-Sistema-de-producao.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.
- FAO. **Onion - Agriculture - Vikaspedia**. Disponível em: <https://agriculture.vikaspedia.in/viewcontent/agriculture/crop-production/package-of-practices/vegetables-1/onion-allium-cepa?lgn=en>. Acesso em: 12 fev. 2025.
- FERREIRA, Lino R. *et al.* Seletividade e eficácia da aplicação sequencial de oxyfluorfen e de ioxynil-octanoato, em semeadura direta de cebola. **Planta Daninha**, v. 18, p. 39-50, 2000.
- GUPTA, Rahul Kumar *et al.* Weed management in transplanted onion (*Allium cepa* L.) through early post-emergence herbicides. **Plant Archives**, v. 20, n. 2, p. 6919-6924, 2020.
- JANGRE, Nisha *et al.* Review on pre and post emergence herbicides against weeds, yield attributes and yield of onion. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci**, v. 7, n. 4, p. 1222-1230, 2018.
- KAUR, Ramanjit *et al.* Sequential herbicide application coupled with mulch enhances the productivity and quality of winter onion (*Allium cepa* L.) while effectively controlling the mixed weed flora. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 7, p. 1271340, 2024.
- OLESCOWICZ, Dieisson *et al.* Seletividade de herbicidas com atividade residual em cebola cultivada em semeadura direta. **Weed Control J**, v. 20, e202100739, 2021.
- PIRES, Ibrain Alves. **Posicionamento do herbicida oxadiazon na cultura da cebola em semeadura direta**. 2023. 53f. de Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, Morrinhos, 2023. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_9/2024-12-11-10-07-402023%20IBRAIN%20ALVES%20PIRES%20-%20Posicionamento%20de%20herbicida%20Oxadiazon%20na%20cultura%20da%20cebola%20em%20semeadura%20direta.pdf. Acesso em: 16 mai. 2025.
- PRAKASH, Ved *et al.* Integrated weed management in winter onion (*Allium cepa*) under mid-hill conditions of north-western Himalayas. **Indian Journal of Agronomy**, v. 45, n. 4, p. 45_4-45_4, 2000.

RAMALINGAM, Sathya Priya *et al.* Evaluation of new formulation of oxyfluorfen (23.5% EC) for weed control efficacy and bulb yield in onion. **American Journal of Plant Sciences**, v. 4, p. 890-895, 2013.

RAMESHWAR, S. G.D., VISHAL, SINGH G. Crop Weed Competition Study in Onion (*Allium cepa* L.) under Dry Temperate High Hills Condition of Himachal Pradesh. **Indian Journal of Weed Science**, v. 33, p. 168- 170, 2001.

REIS, M. R.; MELO, C. A. D.; ASSIS, A. C. L. P. Manejo de Plantas Daninhas. In: NICK, C.; BORÉM, A. (org.). **Cebola do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2018. p. 179-200.

SANTOS, Isadora Fabiana *et al.* Seletividade de cletodim, quizalofop e ioxinila aplicados isoladamente ou em mistura na cebola EZ5605. **Nativa**, v. 11, n. 3, p. 431-436, 2023.

SOARES, D. J. *et al.* Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura de cebola (*Allium cepa*) transplantada. **Planta Daninha**, v. 21, p. 387-396, 2003.

TRIPATHI, P. C.; SANKAR, V.; MAHAJAN, V. M.; LAWANDE, K. E. Response of gamma irradiation on post harvest losses in some onion varieties. **Indian Journal of Horticulture**, v. 68, n. 4, p. 556-560, 2011.

VELLINI, E. D.; MARTINS, D.; MANOEL, L. A.; MATSUOKA, S.; TRAVAIN, J. C.; CARVALHO, J. C. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré ou pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana-planta). **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 123-134, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582000000100012>.

VILELA, N. J.; MAKISHIMA, N.; OLIVEIRA, V. R.; COSTA, N. D.; MADAIL, J. C. M.; CAMARGO FILHO, W. P.; BOEING, G.; MELO, P. C. T. Desafios e oportunidades para o agronegócio da cebola no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 1029-1033, out./dez. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/CcXLvWrcLZfbQ3dhrSvWT8d/>. Acesso em: 20 abr. 2025.

ZANATTA, J. F.; FIGUEIREDO, S.; FONTANA, L. C.; PROCÓPIO, S. O. Interferência de plantas daninhas em culturas olerícolas. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 13, p. 39-57, 2006

ŽVEPLAN, Silvo *et al.* Weed management in onion (*Allium cepa* L.) with herbicides. **Plant Protection Society of Slovenia**, p. 216-222, 2022

DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO NA SELETIVIDADE DE HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA DA CEBOLA EM SEMEADURA DIRETA

RESUMO

O baixo número de opções e a sensibilidade da cebola em semeadura direta ao uso de herbicidas em pós-emergência têm resultado em dificuldades no controle das plantas daninhas e aumentado o custo de produção. Uma das alternativas para isso seria o uso de doses reduzidas de herbicidas em aplicações escalonadas durante o ciclo da cultura. Nesta pesquisa, foram avaliados a seletividade de herbicidas aplicados na pós-emergência em diferentes doses e estágios de desenvolvimento. Os experimentos foram realizados em condições de campo de outubro/2023 a fevereiro/2024 com delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Cada experimento correspondeu a um herbicida: flumioxazina, oxadiazon, oxyfluorfen e pendimetalina. Os tratamentos consistiram na aplicação dos herbicidas em diferentes doses e estágios fenológicos da cebola, além de uma testemunha sem aplicação de herbicida. Foi realizada a avaliação da fitointoxicação aos sete, 14, 21 e 28 dias após aplicação. No fim do ciclo, foi realizada a colheita e feita a avaliação de produtividade por meio da classificação, contagem e pesagem dos bulbos. Observou-se que em todos os experimentos a cultura apresentou sintomas que variaram entre leve e muito leve durante todo o ciclo. Não foi observada diferença significativa sobre a produtividade para os herbicidas. Em todos os experimentos, predominou a Classe 3 de bulbos, evidenciando boa qualidade comercial. Dessa forma, pode-se concluir que nas condições testadas os herbicidas são seletivos para a cultura da cebola no semiárido.

Palavras-chave: *Allium cepa* L. Plantas daninhas. Controle químico. Tolerância.

DOSES AND APPLICATION TIMES IN THE SELECTIVITY OF HERBICIDES IN POST-EMERGENCE OF ONION UNDER NO-TILLAGE

ABSTRACT

The limited number of options and the sensitivity of direct-seeded onion to post-emergence herbicides have made weed control challenging and increased production costs. An alternative is the use of reduced herbicide doses applied in a staggered manner throughout the crop cycle. This study evaluated the selectivity of post-emergence herbicides applied at different doses and developmental stages. The field experiments were conducted from October 2023 to February 2024 in a randomized block design with three replications. Each experiment corresponded to a specific herbicide: flumioxazin, oxadiazon, oxyfluorfen, and pendimethalin. Treatments consisted of applying the herbicides at different doses and phenological stages of the onion crop, in addition to a control treatment without herbicide application. Phytotoxicity was assessed at 7, 14, 21, and 28 days after application. At the end of the cycle, the crop was harvested and productivity was evaluated by classifying, counting, and weighing the bulbs. Across all experiments, the crop exhibited symptoms ranging from mild to very mild throughout the cycle. No significant differences in productivity were observed among the herbicide treatments. In all experiments, bulb Class 3 predominated, suggesting good commercial quality. Thus, it is possible to conclude that under the tested conditions the herbicides were selective for onion cultivation in semi-arid regions.

Keywords: *Allium cepa* L., weeds, chemical control, tolerance.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da cebola (*Allium cepa* L.) é pouco competitiva frente às plantas daninhas, especialmente durante os estádios iniciais de desenvolvimento. Fatores como o sistema radicular superficial, as folhas estreitas e cilíndricas e o crescimento inicial lento limitam sua capacidade de suprimir espécies infestantes (Olescowicz *et al.*, 2021). Essa baixa competitividade é agravada por práticas agronômicas comuns, como a fertilização nitrogenada e a irrigação intensiva, que criam condições altamente favoráveis para o crescimento das plantas daninhas (Gupta *et al.*, 2020; Zimdahl, 2018). Portanto, a matocompetição compromete diretamente a produtividade da cultura, podendo gerar perdas próximas a 100% quando não manejada adequadamente (Jangree *et al.*, 2018; Freitas Souza *et al.*, 2020).

No contexto do cultivo em semeadura direta, modalidade que tem ganhado espaço devido à redução de custos com mão de obra, a vulnerabilidade da cultura à interferência de plantas daninhas torna-se ainda mais crítica (Freitas Souza *et al.*, 2020). Neste sistema, as sementes são depositadas diretamente no solo, sem formação prévia de mudas, o que confere um padrão de emergência mais lento e uniforme, aumentando a janela de suscetibilidade à matocompetição (Embrapa, 2020). Assim, o uso de estratégias eficazes e seletivas de manejo de plantas daninhas é indispensável para o sucesso produtivo da cultura.

Embora o controle manual ainda seja amplamente empregado em pequenas propriedades, seu alto custo, aliado à crescente escassez de mão de obra no meio rural, limita sua viabilidade em larga escala (Dhananivetha *et al.*, 2017). Dessa forma, o uso de herbicidas seletivos se destaca como alternativa eficiente e economicamente viável, desde que haja conhecimento adequado sobre a seletividade e o momento ideal de aplicação de cada ingrediente ativo, sobretudo em regiões dotadas de condições edafoclimáticas específicas, como o semiárido brasileiro.

A aplicação fracionada de herbicidas é uma estratégia agronomicamente viável para culturas sensíveis, pois divide a dose total recomendada em duas ou mais aplicações sequenciais, realizadas em momentos estratégicos, favorecendo o controle prolongado de plantas de emergência tardia, reduzindo a lixiviação em solos arenosos e minimizando o impacto ambiental de doses concentradas. Alguns estudos mostram a eficiência desse modelo de aplicação: Lockhart e Howatt (2004) observaram que a aplicação fracionada de pendimetalina em cebola aumentou sua seletividade sem reduzir a eficácia no controle de plantas daninhas; Kaur *et al.* (2024) concluíram que o fracionamento de doses reduziu significativamente os sintomas de toxicidade foliar em culturas sensíveis.

Para a validação do uso sequencial de herbicidas na cultura da cebola, é imprescindível o aprofundamento de estudos avaliando a influência das doses aplicadas e os estádios fenológicos da cultura no momento da aplicação. A seletividade de herbicidas para a cebola é altamente dependente dessas variáveis, uma vez que a sensibilidade da planta pode variar significativamente entre os diferentes estádios de crescimento, especialmente nas fases iniciais, quando seu sistema radicular e área foliar ainda estão em formação (Olescowicz *et al.*, 2021; Pires, 2023). Além disso, fatores edafoclimáticos, como textura e teor de matéria orgânica do solo, temperatura e regime hídrico podem alterar a disponibilidade, absorção e persistência dos herbicidas, influenciando diretamente sua seletividade e eficácia (Zimdahl, 2018; Cavalieri, 2016). Dessa forma, a compreensão das interações entre herbicida, planta e ambiente é essencial para garantir que a aplicação sequencial não comprometa o desenvolvimento da cultura e proporcione controle eficiente das espécies infestantes.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a seletividade de cinco herbicidas (oxyfluorfen, oxadiazon, pendimetalina, flumioxazina e ioxynyl) aplicados em pós-emergência na cultura da cebola cultivada por semeadura direta em condições de semiárido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO E CLIMA

Os experimentos foram conduzidos em condições de campo na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Alagoinha (5° 4.116'S e 37° 24.350'O), zona rural do município de Mossoró, Rio Grande do Norte.

O período experimental compreendeu os meses de outubro de 2023 a fevereiro de 2024. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSh, ou seja, semiárido com chuvas de verão e um período seco bem definido. A temperatura média anual é de 27,4°C, e a pluviosidade média é de 673,9 mm (Alvares, 2013). Na Figura 1, encontram-se as informações sobre a temperatura média, umidade relativa média do ar e precipitação ocorrida durante o período experimental.

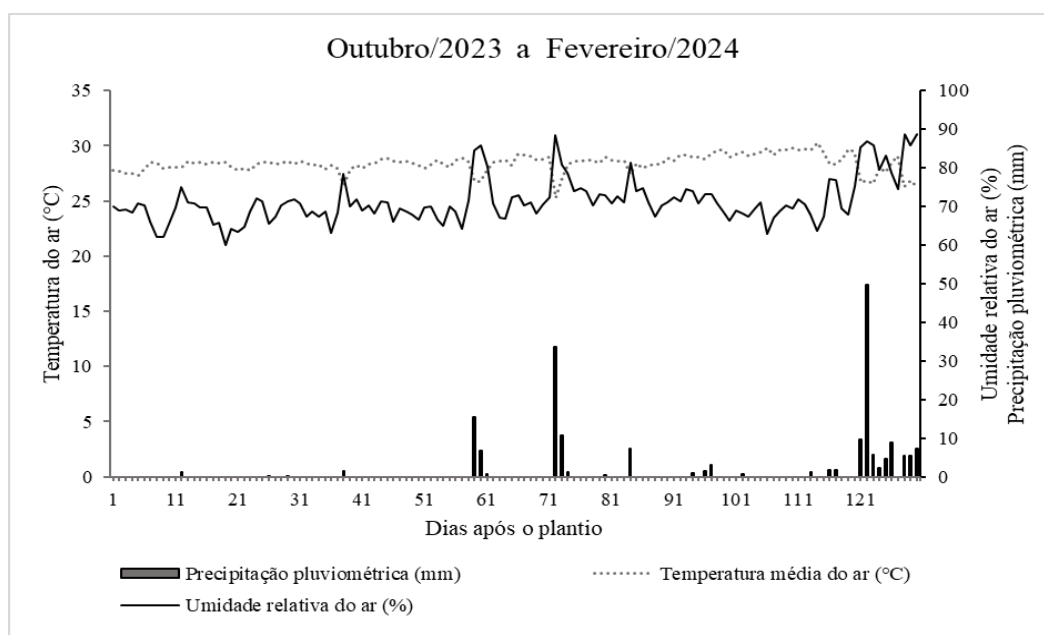


Figura 1: Dados INMET referentes à temperatura, umidade relativa e precipitação durante realização do experimento em campo. Fonte: Estação metrológica automotiva do INMET (2024).

2.2 PREPARAÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Latossolo (EMBRAPA, 2018). Amostras de solo foram coletadas antes da montagem do experimento, e a análise química encontra-se descrita na Tabela 1. A adubação de fundação foi realizada com 190 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) incorporados ao solo.

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental.

Camada do solo	pH	CE dS m ⁻²	Ca+Mg -----	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg -----	Ac. Pot. -----	Al	Na	K	P
0-10	5,48	0,024	0,98	0,83	0,15	1,188	0,20	1,710	3,177	0,184
10-20	4,93	0,017	0,75	0,60	0,15	1,188	0,15	1,710	2,236	0,271

Fonte: Autoria própria (2025).

As análises foram realizadas segundo a metodologia de Teixeira et al. (2017), no Laboratório de Análise de Solo, Água e Plantas do Semi-Árido (LASAPSA) da UFERSA.

A área experimental foi preparada por meio de aração e gradagem. O levantamento dos canteiros foi realizado com o auxílio de uma enxada rotativa. Cada canteiro apresentou 1,5 m de largura por 48 m de comprimento. As unidades experimentais foram compostas por parcelas de 2,0 m de comprimento por 1,5 m de largura, contendo oito linhas de cebola, espaçadas em 0,10 m entre linhas e 0,06 m entre plantas.

2.3 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO

O sistema de irrigação utilizado foi o localizado por gotejamento, com aplicação diária da lâmina de irrigação em períodos previamente definidos, ajustados conforme a fase de desenvolvimento da cultura e a evapotranspiração da cebola (inserir referência adequada sobre manejo da irrigação). Cada canteiro foi equipado com quatro fitas gotejadoras, espaçadas entre si em 0,30 m, com emissores distribuídos a cada 0,30 m e vazão nominal de 1,6 L h⁻¹ por gotejador.

As fertirrigações foram realizadas duas vezes por semana, com início aos 20 dias após o plantio (DAP) e encerramento aos 104 DAP. Os fertilizantes aplicados, em doses equivalentes a kg ha⁻¹, foram: ureia (104,3), sulfato de magnésio (146,0), nitrato de cálcio (250,0), cloreto de potássio (287,8) e nitrato de potássio (137,6), fornecendo os seguintes teores de nutrientes: N (100,9 kg ha⁻¹), K₂O (234,6 kg ha⁻¹), Mg (13,1 kg ha⁻¹) e Ca (47,5 kg ha⁻¹).

Para o fornecimento de micronutrientes, foi aplicado o produto comercial Rexolin BRA®, na dose total de 2,0 kg ha⁻¹. A fertirrigação foi parcelada em quatro aplicações realizadas aos 30, 37, 44 e 51 dias após o plantio. Todas as aplicações dos fertilizantes via irrigação foram realizadas por meio de um sistema injetor do tipo Venturi.

2.4 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO E MANEJO DA CULTURA

A semeadura foi realizada de forma direta, utilizando uma plantadeira mecanizada. O espaçamento entre plantas foi de 6 cm e entre linhas, 10 cm, resultando em uma densidade populacional de 133 plantas por metro quadrado. Foram utilizadas sementes da cultivar Campo Lindo, da empresa Bayer®.

A área útil de cada parcela foi delimitada considerando 1,0 m de comprimento das quatro fileiras centrais, totalizando 1,0 m².

Durante todo o ciclo da cultura, os canteiros foram mantidos livres da interferência de plantas daninhas por meio de capinas manuais semanais, assegurando que os efeitos observados fossem atribuídos exclusivamente aos tratamentos com herbicidas.

O controle fitossanitário de pragas e doenças foi realizado de forma curativa e localizada, sempre que necessário.

2.5 APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS

Foram conduzidos quatro experimentos distintos para avaliação da seletividade, sendo cada experimento correspondente ao teste de um herbicida isoladamente. Os herbicidas avaliados foram: flumioxazina (Sumylin®), oxadiazon (Ronstar®) oxyfluorfen (Goal®) e pendimetalina (Prowl®), testados em diferentes doses e em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, uma ou duas, três e cinco folhas totalmente expandidas (Tabela 2).

As aplicações foram realizadas com um pulverizador costal de precisão, pressurizado com dióxido de carbono (CO₂) (Herbicat® – Catanduva, SP, Brasil), operando com um volume de calda de 500 L ha⁻¹. O equipamento estava equipado com duas pontas de pulverização do tipo jato plano (Teejet XR 110.02), espaçadas a 0,50 m e operando sob uma pressão constante de 2,0 kgf cm⁻². Durante as aplicações, a barra de pulverização foi mantida a uma altura de 0,50 m em relação ao dossel da cultura, garantindo cobertura uniforme. As pulverizações foram realizadas sob condições ambientais favoráveis, com temperatura amena, baixa velocidade do vento e sem incidência de chuvas.

2.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com 15 tratamentos, incluindo uma testemunha capinada manualmente, e três repetições por

tratamento. Os tratamentos foram estruturados com base em diferentes épocas e doses de aplicação dos herbicidas. As aplicações foram realizadas em três estádios fenológicos da cultura: uma–duas folhas, três folhas e cinco folhas totalmente expandidas.

Tabela 2. Doses, época de aplicação e estágio de desenvolvimento da cebola para aplicação em pós-emergência dos herbicidas flumioxazina (Flu), oxadiazon (Oxa), oxyfluorfen (Oxy) e pendimetalina (Pen).

Trat,*	Estádio (folhas)	Flu	Oxa	Oxy	Pen
		Doses (g i.a. ha ⁻¹)			
1	1-2*	10	125	28,8	455
2	1-2*	15	250	57,6	910
3	3	20	125	57,6	455
4	3	25	250	86,4	910
5	5	25	125	86,4	455
6	5	30	250	129,6	910
7	1-2 e 3	10+20	125+125	28,8+57,6	455+455
8	1-2 e 3	15+25	250+250	57,6+86,4	910+910
9	1-2 e 5	10+25	125+125	28,8+86,4	455+455
10	1-2 e 5	15+30	250+250	57,6+129,6	910+910
11	3 e 5	20+25	125+125	57,6+86,4	455+455
12	3 e 5	25+30	250+250	86,4+129,6	910+910
13	1-2, 3 e 5	10+20+25	125+125+125	28,8+57,6+86,4	455+455+455
14	1-2, 3 e 5	15+25+30	250+250+250	57,6+86,4+129,6	910+910+910
15	-	-	-	-	-

Fonte: Autoria própria (2025). *Trat.: Tratamento; DAS: Dias Após a Semeadura. *2: Apenas para o Oxadiazon as aplicações foram iniciadas no estágio de 2 folhas.

2.7 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

A fitotoxicidade causada pelos herbicidas nas plantas de cebola foi avaliada visualmente aos sete, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), em cada parcela experimental. As avaliações foram realizadas com base em uma escala percentual de sintomas visuais, variando de 0% (ausência de sintomas) a 100% (morte total das plantas).

A escala utilizada foi a proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD), conforme adaptação de Yamashita e Guimarães (2006). Os critérios específicos para cada classe de avaliação estão descritos na Tabela do Anexo A.

Aos 120 dias após o plantio (DAP), quando aproximadamente 70% das plantas apresentavam acamamento natural (tombamento das folhas), foi realizada a colheita dos bulbos. Após a colheita, os bulbos foram submetidos ao processo de cura ao sol e, em seguida, foram limpos manualmente para a remoção de restos de solo e folhas secas.

Posteriormente, os bulbos foram contabilizados, classificados quanto ao diâmetro transversal e pesados, com o objetivo de obter dados referentes à produtividade total, bem como à proporção de bulbos comerciais e não comerciais.

A classificação dos bulbos foi realizada conforme as normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 1995), com base no diâmetro transversal dos bulbos, em cinco classes comerciais:

- Classe 1: bulbos com diâmetro menor que 35 mm (não comercial);
- Classe 2: 35–50 mm;
- Classe 3: 50–75 mm;
- Classe 4: 75–90 mm;
- Classe 5: maior que 90 mm.

2.8 ANALISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos nos experimentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) individual para cada herbicida avaliado. Quando observada significância pelo teste F ($p \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A homogeneidade das variâncias foi verificada por meio do teste de O'Neill-Mathews, assegurando a adequação dos dados às pressuposições da ANOVA.

As avaliações visuais de fitointoxicação foram analisadas de forma descritiva, com base na média dos escores percentuais registrados ao longo dos períodos de avaliação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 FLUMIOXAZINA

A aplicação do herbicida flumioxazina resultou em sintomas visuais de fitotoxicidade nas plantas de cebola, com intensidade variando entre muito leve e leve, conforme a dose e o estágio de crescimento da cultura no momento da aplicação (Tabela 3). Na primeira avaliação, realizada aos sete DAA, os tratamentos 7 e 8, correspondentes às doses de 10+20 e 15+25 g i.a. ha⁻¹, apresentaram sintomas muito leves de intoxicação, sem diferença estatística significativa entre si. Tais sintomas podem estar relacionados à aplicação do herbicida na fase fenológica de folha 1, quando a cultura apresenta maior sensibilidade. Na avaliação subsequente, realizada após a segunda aplicação – conduzida na fase de folha 3, os tratamentos 4, 7, 12, 13 e 14, que receberam 25, 10+20, 25+30, 10+20+25 e 15+25+30 g i.a. ha⁻¹, respectivamente, também apresentaram sintomas leves a muito leves de fitointoxicação. No entanto, assim como na avaliação anterior, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, sugerindo que a cultura tolerou bem as doses testadas nas condições experimentais avaliadas.

Tabela 3. Níveis de fitotoxicidade em cebola aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do herbicida flumioxazina, nas doses de 10 (Dose 1) e 15 g i.a. ha⁻¹ (Dose 2) em folha 1, 20 (Dose 1) e 25 (Dose 2) em folha 3 e 25 (Dose 1) e 30 (Dose 2) em folha 5. Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tratamento	Época de aplicação	Dose	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
1	Folha 1	D1	0	0	0	0
2	Folha 1	D2	0	0	0	0
3	Folha 3	D1	0	0	0	0
4	Folha 3	D2	0	3,33a	0	0
5	Folha 5	D1	0	0	0	3,33b
6	Folha 5	D2	0	0	0	0
7	Folha 1 e 3	D1	3,33a	5,00a	0	0
8	Folha 1 e 3	D2	3,33a	6,67a	0	0
9	Folha 1 e 5	D1	0	0	0	10,00a
10	Folha 1 e 5	D2	0	0	0	3,33b
11	Folha 3 e 5	D1	0	0	0	6,67b
12	Folha 3 e 5	D2	0	1,67a	0	0
13	Folha 1, 3 e 5	D1	0	5,00a	0	0
14	Folha 1, 3 e 5	D2	0	6,67a	0	3,33b

Testemunha	---	---	0	0	0	0
------------	-----	-----	---	---	---	---

Fonte: Autoria própria (2025).

Na avaliação realizada aos 21 dias após a aplicação (DAA), não foram observados sintomas de fitotoxicidade em nenhum dos tratamentos, sugerindo recuperação fisiológica das plantas ou degradação parcial do herbicida no ambiente. No entanto, aos 28 DAA, os tratamentos 5, 9, 10, 11 e 14, correspondentes às doses de 25, 10+25, 15+30, 20+25 e 15+25+30 g i.a. ha⁻¹, respectivamente, apresentaram sintomas visuais de fitotoxicidade, classificados entre muito leves e leves. Dentre esses, o tratamento 9 apresentou o maior índice de intoxicação, com valor médio de 10%, diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 3).

A análise da produtividade da cultura não revelou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos avaliados (Figura 2). Os tratamentos que receberam aplicação da flumioxazina apresentaram rendimentos equivalentes ao tratamento controle, que não foi submetido a nenhuma aplicação. Esse resultado evidencia que a cultura da cebola, quando cultivada por semeadura direta em condições de semiárido, demonstrou boa seletividade ao herbicida testado, mantendo níveis produtivos compatíveis com os obtidos em condições livres de interferência química.

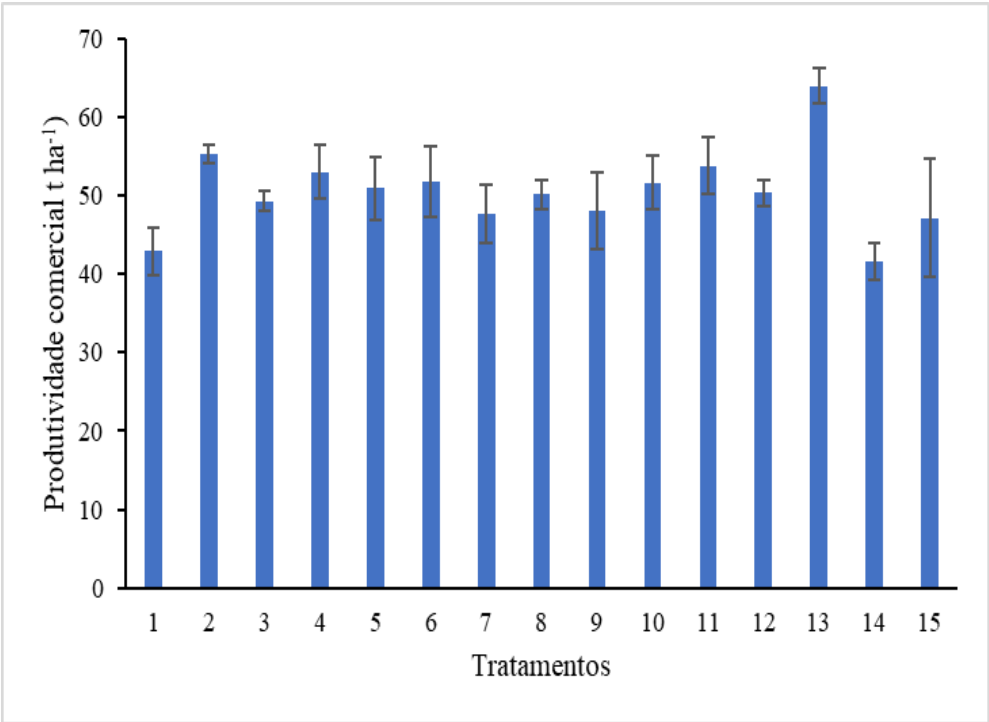


Figura 2. Produtividade comercial da cebola após aplicação de doses do herbicida flumioxazina em diferentes épocas. Fonte: Autoria própria (2025).

Em relação à classificação dos bulbos, verificou-se predominância da Classe 3, cuja representatividade foi superior à das demais classes comerciais (Figura 3). Esse resultado demonstra que a aplicação do flumioxazina, nas condições testadas, não comprometeu a produtividade comercial da cultura. A maior concentração de bulbos dentro da classe de maior valor agregado reforça a viabilidade técnica da utilização do produto, desde que respeitadas as recomendações quanto à dose e ao estágio fenológico da cultura. Tais evidências evidenciam o potencial de uso seguro da flumioxazina como ferramenta complementar no manejo de plantas daninhas na cultura da cebola, particularmente em sistemas de semeadura direta sob condições controladas.

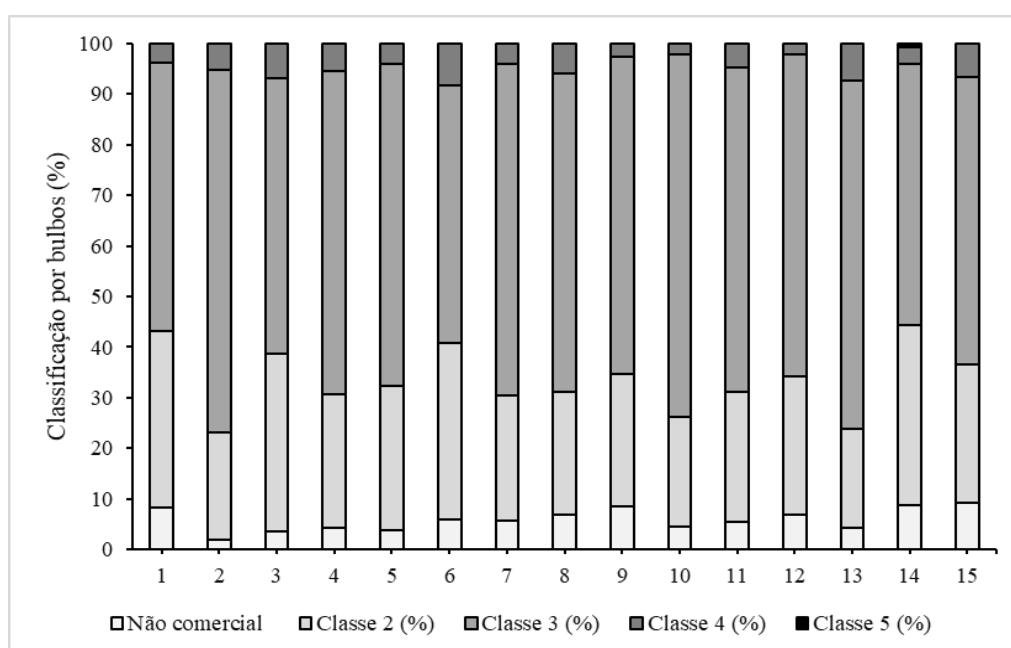


Figura 3. Classificação de bulbos de cebola após a aplicação em pós-emergência do herbicida flumioxazina em diferentes doses e épocas. Fonte: Autoria própria (2025).

Os resultados obtidos neste estudo corroboram os achados de Gomes (2022), que observou sintomas leves de fitotoxicidade na cultura da cebola nos primeiros sete dias após a aplicação de flumioxazina em doses entre 10 e 15 g i.a. ha⁻¹, quando aplicada na fase fenológica de folha 1. Esses dados reforçam que a cultura pode tolerar o herbicida em determinados estádios de crescimento, desde que as doses sejam tecnicamente ajustadas.

A importância do estágio de crescimento como fator determinante da seletividade também foi evidenciada por Olescowicz *et al.* (2021), os quais relataram ausência de seletividade da flumioxazina quando aplicada no início do ciclo, aos 15 dias após a semeadura (DAS), mesmo na menor dose testada (18 g i.a. ha⁻¹). Nessa fase, as plantas se encontravam ainda em emergência, com reduzida área foliar e baixa capacidade de metabolização, o que contribui para maior sensibilidade ao herbicida. Esses resultados destacam a necessidade de se

considerar o estágio de desenvolvimento da cultura como variável crítica para o sucesso do manejo químico com flumioxazina.

No presente experimento, as primeiras aplicações foram realizadas aos 24 DAS, na fase de uma folha completamente expandida, utilizando-se doses de 10 e 15 g i.a. ha⁻¹. Nessa condição, a cultura demonstrou maior seletividade, com manifestação apenas de sintomas visuais leves ou muito leves de fitotoxicidade. Mesmo quando utilizadas doses superiores, de até 30 g i.a. ha⁻¹, a cultura manteve-se tolerante, sugerindo que a aplicação em estádios mais avançados – nos quais a planta já possui maior acúmulo de biomassa e vigor – contribui para a redução dos efeitos fitotóxicos. Tal comportamento contrasta com os relatos de Olescowicz *et al.* (2021), evidenciando o papel decisivo do momento da aplicação na definição da seletividade da flumioxazina.

Estudos adicionais reforçam essa tendência: Hermann *et al.* (2017) observaram que a aplicação de flumioxazina na dose de 72 g i.a. ha⁻¹, na fase de duas folhas completamente expandidas, resultou em sintomas de fitotoxicidade de 33%, valor considerado aceitável conforme os critérios da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995); de modo semelhante, Rozanski *et al.* (2002) relataram que aplicações de flumioxazina em doses entre 25 e 75 g i.a. ha⁻¹ causaram fitotoxicidade inicial, seguida de recuperação gradativa da cultura, indicando a capacidade da cebola de se recuperar dos efeitos do herbicida ao longo do ciclo.

Um dos fatores fisiológicos que podem explicar a maior tolerância das plantas em estádios mais avançados é o acúmulo progressivo de cera epicuticular na superfície foliar, que atua como barreira física e química à penetração dos herbicidas. Essa camada, ao se tornar mais espessa e contínua com o desenvolvimento da planta, dificulta a absorção tanto de compostos hidrofílicos quanto lipofílicos, reduzindo sua fitotoxicidade e conferindo maior proteção à planta (Oliveira *et al.*, 2018).

No presente estudo, foram utilizados herbicidas majoritariamente lipofílicos, como Oxyfluorfen, Flumioxazina, Oxadiazon e Pendimetalina, todos caracterizados por baixa solubilidade em água e alta afinidade por superfícies cerosas (CHEMICALBOOK, 2025; CHEMEO, 2025; PUBCHEM, 2025;). Essas moléculas apresentam valores elevados de log P (coeficiente de partição octanol/água), o que sugere forte caráter lipofílico, favorecendo sua retenção sobre a superfície foliar, mas nem sempre garantindo eficiente penetração cuticular, especialmente em estádios mais avançados da planta, quando a cera se encontra mais desenvolvida.

Portanto, embora os herbicidas apresentem boa aderência à cutícula devido à sua natureza lipofílica, a maior deposição de cera nas fases mais desenvolvidas pode dificultar sua absorção efetiva, resultando em menor translocação e, consequentemente, menor fitotoxicidade. Dessa forma, a barreira epicuticular representa importante mecanismo de defesa passiva das plantas frente à ação de herbicidas, especialmente os de alta afinidade por superfícies cerosas (Elliott, 2023).

Além disso, a formação da bainha imbricada – característica morfológica do crescimento da cebola – também funciona como barreira física adicional à penetração do produto, especialmente em aplicações tardias.

Dessa forma, os sintomas de fitotoxicidade observados neste estudo, embora visíveis nas fases iniciais após a aplicação, não comprometeram significativamente o desenvolvimento das plantas nem a produtividade final. A resposta fisiológica da cultura demonstra que os sintomas não se refletiram em prejuízo agrônômico relevante, o que confirma a seletividade da flumioxazina para a cultura da cebola, desde que observadas as condições adequadas de dose e momento de aplicação.

3.2 OXADIAZON

As avaliações de fitotoxicidade nos tratamentos com Oxadiazon evidenciaram sintomas variando entre muito leves e leves, que começaram a surgir a partir de 14 DAA (Tabela 4). Nesse período, apenas o tratamento 2 apresentou sintomas, classificados como muito leves.

Tabela 4. Níveis de fitotoxicidade em cebola aos sete, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do herbicida oxadiazon, nas doses de 125 (Dose 1) e 250 g i.a. ha⁻¹ (Dose 2) em folha 2, 3 e 5. Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tratamento	Época de aplicação	Dose	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
1	Folha 2	D1	0	0	0	0
2	Folha 2	D2	0	3,33a	0	0
3	Folha 3	D1	0	0	6,67b	0
4	Folha 3	D2	0	0	8,33a	3,33b
5	Folha 5	D1	0	0	0	0
6	Folha 5	D2	0	0	0	0
7	Folha 2 e 3	D1	0	0	3,33b	0
8	Folha 2 e 3	D2	0	0	3,33b	0
9	Folha 2 e 5	D1	0	0	5,00b	0

10	Folha 2 e 5	D2	0	0	0	0
11	Folha 3 e 5	D1	0	0	5,00b	0
12	Folha 3 e 5	D2	0	0	1,67b	0
13	Folha 2, 3 e 5	D1	0	0	1,67b	0
14	Folha 2, 3 e 5	D2	0	0	8,33a	6,67a
Testemunha	---	---	0	0	0	0

Fonte: Aurtoria própria (2025).

Aos 21 dias após a aplicação (DAA), todos os tratamentos que receberam o herbicida oxadiazon na fase de três folhas apresentaram sintomas de fitotoxicidade (Tabela 4). Os tratamentos afetados incluíram as parcelas 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13 e 14, que corresponderam às doses de 125, 250, 125+125, 250+250, 125+125, 125+125, 250+250, 125+125+125 e 250+250+250 g i.a. ha⁻¹, respectivamente. O principal sintoma observado foi um leve atraso no crescimento das plantas em comparação à testemunha sem aplicação de herbicida. Dentre os tratamentos mencionados, os tratamentos 4 e 14 apresentaram níveis significativamente superior de fitotoxicidade, com diferenças estatísticas em relação aos demais.

Na avaliação aos 28 DAA, apenas os tratamentos 4 e 14 continuaram apresentando sintomas visuais, o que sugere que essas plantas não se recuperaram completamente dos efeitos da segunda aplicação. Ainda assim, houve diferença estatística entre os dois, tendo o tratamento 4 apresentado recuperação mais lenta (Tabela 4). Esses resultados evidenciam que, apesar da boa seletividade geral observada nos tratamentos, doses intermediárias e elevadas podem provocar estresse mais duradouro, especialmente quando aplicadas em estádios ainda sensíveis da cultura.

Os dados obtidos neste estudo estão de acordo com os achados de Pires (2023), que relatou atraso no desenvolvimento da cultura da cebola após a aplicação do oxadiazon, mesmo em doses reduzidas (125 g ha⁻¹), embora sem prejuízos à germinação. Em contrapartida, doses mais elevadas, como 500 e 1000 g ha⁻¹, resultaram em maior fitotoxicidade e impacto negativo sobre a emergência. Esses resultados reforçam a hipótese de que o uso de doses fracionadas e estrategicamente posicionadas ao longo do ciclo pode ser uma alternativa eficaz para garantir a seletividade do herbicida, especialmente em uma cultura como a cebola, notoriamente sensível nos estágios iniciais de desenvolvimento.

O atraso no crescimento verificado nas fases iniciais sugere que o oxadiazon pode induzir estresse fisiológico temporário à cultura. No entanto, a ausência de impactos significativos na produtividade final sugere que esse estresse não foi suficiente para

comprometer o desempenho agrônômico da cultura. Esses resultados sustentam a viabilidade do uso do oxadiazon como ferramenta no manejo de plantas daninhas, desde que seja respeitado o estágio fenológico da cultura e sejam adotadas estratégias adequadas de dose e aplicação.

A recuperação mais lenta observada em alguns tratamentos neste experimento pode estar associada ao efeito da dose no tempo de resposta fisiológica das plantas. Os tratamentos que apresentaram sintomas mais prolongados coincidiram com aqueles que receberam as doses mais elevadas para o respectivo momento fenológico, sugerindo relação direta entre o incremento da dose e a duração dos efeitos fitotóxicos. No entanto, o fato de todos os tratamentos apresentarem produtividade equivalente (Figura 4) reforça a resiliência da cultura frente aos efeitos temporários do herbicida. A análise estatística não revelou diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha, evidenciando que a aplicação do oxadiazon, mesmo em doses elevadas, não comprometeu o rendimento da cultura.

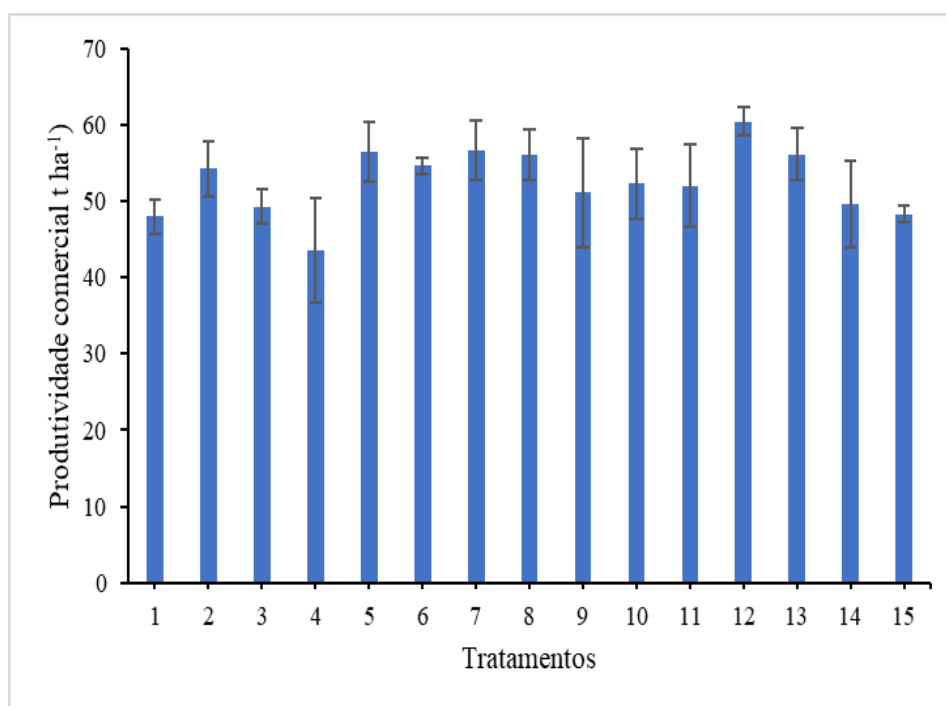


Figura 4. Produtividade comercial da cebola após aplicação de doses do herbicida oxadiazon em diferentes épocas. Fonte: Autoria própria (2025).

Esses achados são corroborados por Olescowicz *et al.* (2021), que observaram recuperação total da cebola após a aplicação de 750 g i.a. ha⁻¹ do herbicida, apesar de sintomas iniciais de fitotoxicidade. Da mesma forma, Souza *et al.* (2015) relataram que os sintomas de fitointoxicação causados pelo oxadiazon foram restritos aos primeiros dez dias após a aplicação, com posterior recuperação da cultura.

A análise da classificação comercial dos bulbos colhidos (Figura 5) revelou que a Classe 3 foi predominante entre os tratamentos, representando bulbos com diâmetro entre 50 e 75 mm – a faixa de maior valor comercial no mercado. Essa distribuição reforça a seletividade do herbicida avaliado, indicando que sua aplicação não comprometeu a qualidade dos bulbos produzidos. Adicionalmente, observou-se maior frequência de bulbos enquadrados nas Classes 2, 3, 4 e 5, o que evidencia baixa proporção de bulbos classificados como não comerciais (Classe 1). Esse perfil de produção é altamente desejável em sistemas de cultivo comercial, na medida em que alia eficiência no controle de plantas daninhas à manutenção da qualidade e do rendimento da produção.

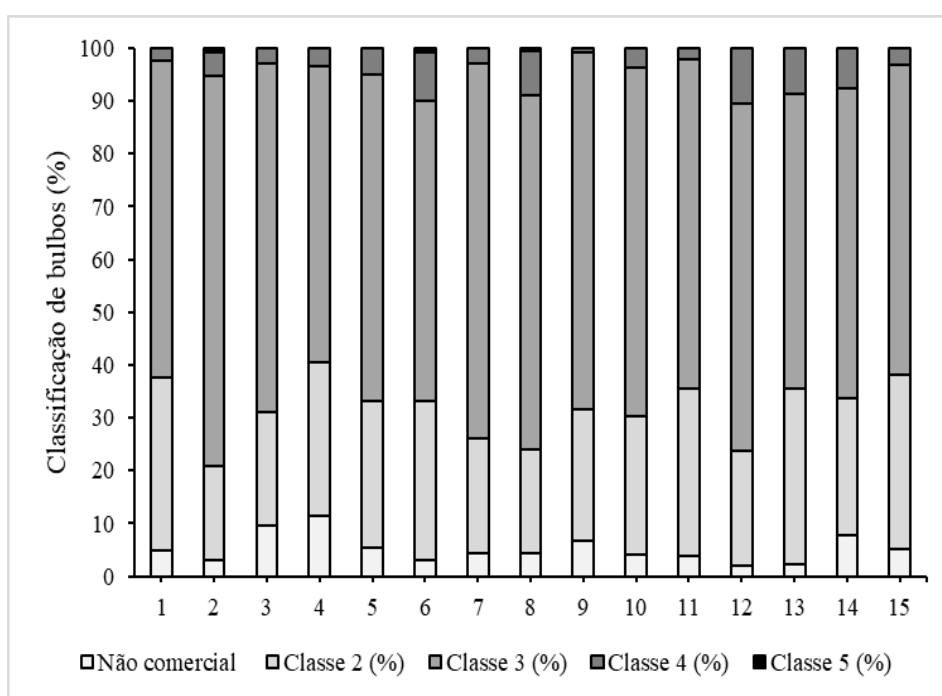


Figura 5. Classificação de bulbos de cebola após a aplicação em pós-emergência do herbicida oxadiazon em diferentes doses e épocas. Fonte: Autoria própria (2025).

3.3 OXYFLUORFEN

Após a aplicação do herbicida oxyfluorfen, foram observados sintomas de fitointoxicação em alguns tratamentos, variando entre muito leves e leves. No entanto, esses efeitos não resultaram em danos significativos à cultura, o que se refletiu na ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos avaliados (Tabela 5).

Esse comportamento pode estar relacionado ao fracionamento das doses, estratégia que pode contribuir para a maior seletividade do produto. De acordo com Ferreira (2000), a aplicação sequencial de doses reduzidas de oxyfluorfen pode aumentar a tolerância da cultura ao herbicida. Corroborando esse resultado, Carvalho (2014) também verificou que o

oxyfluorfen, mesmo em doses de até 240 g i.a. ha⁻¹ ao longo do ciclo da cultura de cebola transplantada, apresentou seletividade satisfatória, independentemente do fracionamento.

Tabela 5. Níveis de fitotoxicidade em cebola (*Allium cepa*) aos sete, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do herbicida oxyfluorfen, nas doses de 28,8 (Dose 1) e 57,6 g i.a. ha⁻¹ (Dose 2) em folha 1, 57,6 (Dose 1) e 86,4 (Dose 2) em folha 3 e 86,4 (Dose 1) e 129,6 (Dose 2) em folha 5. Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tratamento	Época de aplicação	Dose	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
1	Folha 1	D1	6,67	3,33	0	0
2	Folha 1	D2	10	6,67	0	0
3	Folha 3	D1	0	3,33	0	1,67
4	Folha 3	D2	0	5	0	0
5	Folha 5	D1	0	0	0	0
6	Folha 5	D2	0	0	0	0
7	Folha 1 e 3	D1	5	3,33	0	0
8	Folha 1 e 3	D2	6,67	5	0	0
9	Folha 1 e 5	D1	0	3,33	0	0
10	Folha 1 e 5	D2	0	5	0	0
11	Folha 3 e 5	D1	0	3,33	0	3,33
12	Folha 3 e 5	D2	0	6,67	0	3,33
13	Folha 1, 3 e 5	D1	3,33	1,67	0	0
14	Folha 1, 3 e 5	D2	8,33	5	0	0
Testemunha		---	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2025).

A análise de variância da produtividade comercial de bulbos de cebola não revelou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, inclusive em comparação com a testemunha sem aplicação de herbicidas (Figura 6). Tal resultado confirma que a aplicação das doses nas épocas de desenvolvimento estudadas não ocasionou perdas expressivas de rendimento.

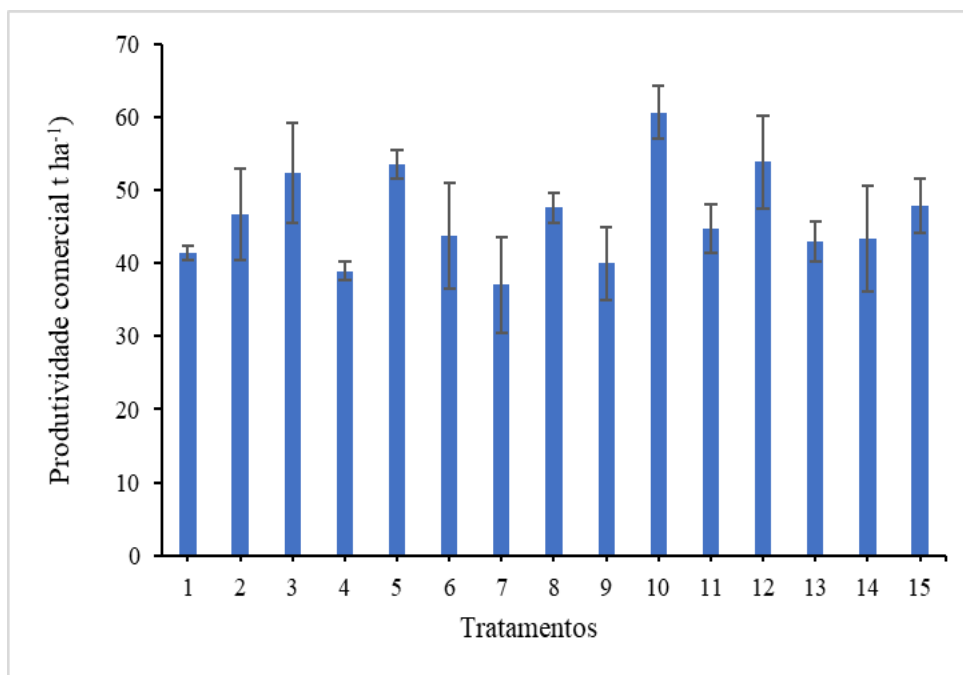


Figura 6. Produtividade comercial da cebola após aplicação de doses do herbicida oxyfluorfen em diferentes épocas. Fonte: Autoria própria (2025).

A classificação dos bulbos de cebola quanto ao seu diâmetro transversal é fundamental no processo de pós-colheita, pois define o padrão comercial do produto e influencia seu valor de mercado. No Brasil, a classe mais demandada é a Classe 3, que compreende bulbos com diâmetro entre 50 e 75 mm, os mais comercializados e de maior valor agregado (Gomes, 2022). As classes 2, 4 e 5 também são consideradas comerciais, embora apresentem menor valor agregado. Os bulbos classificados como Classe 1 são considerados não comerciais, devido ao seu pequeno diâmetro. Conforme apresentado na Figura 7, a maior proporção de bulbos colhidos enquadrrou-se na Classe 3. Esse achado é relevante, pois indica que a aplicação de oxyfluorfen não comprometeu o padrão comercial da produção de cebolas.

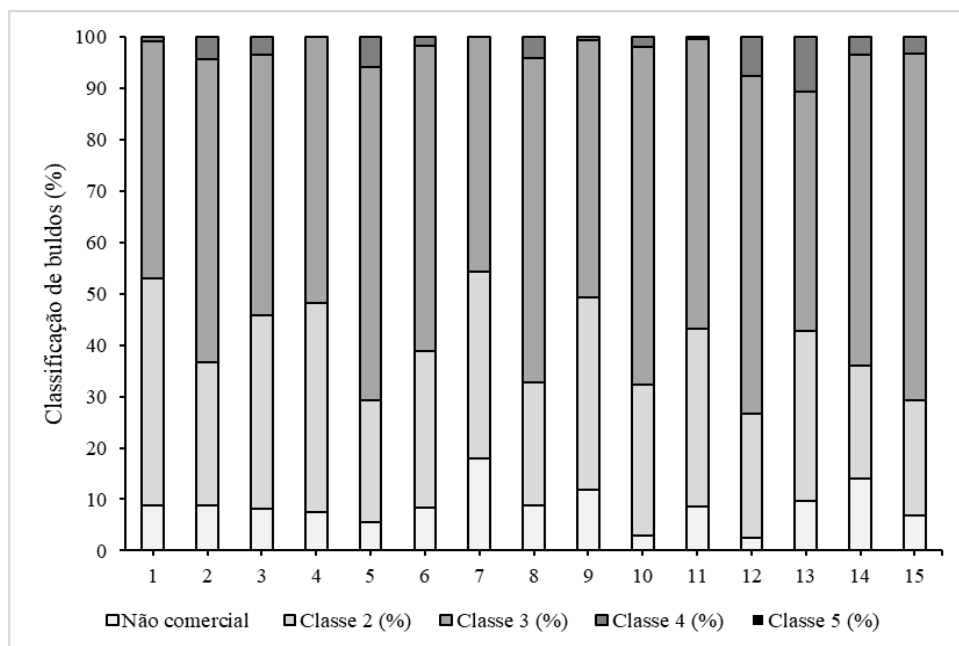


Figura 7. Classificação de bulbos de cebola após a aplicação em pós-emergência do herbicida oxyfluorfen em diferentes doses e épocas. Fonte: Autoria própria (2025).

Os resultados obtidos neste estudo sugerem que o oxyfluorfen pode representar alternativa viável para o manejo de plantas daninhas na cultura da cebola, sem comprometer a produtividade nem a qualidade comercial dos bulbos. Assim como em outros estudos, foi possível observar que o oxyfluorfen foi seletivo à cultura da cebola em diferentes estádios fenológicos, especialmente quando utilizado em doses recomendadas e sob condições ambientais favoráveis à sua aplicação (Ferreira *et al.*, 2000; Carvalho *et al.*, 2014; Olescowicz *et al.*, 2021).

No presente trabalho, as aplicações foram iniciadas aos 24 dias após a semeadura (DAS), com doses crescentes que não ultrapassaram $0,057 \text{ kg ha}^{-1}$ nas fases iniciais do ciclo. Esse manejo se difere dos procedimentos adotados por Ferreira *et al.* (2000), que testaram a aplicação sequencial do Oxyfluorfen em cebola de semeadura direta, observando redução de produtividade em tratamentos com aplicação de 192 g ha^{-1} aos 19 DAS. Tal diferença sugere que a aplicação em estádios mais avançados da cultura, associada ao uso de doses menores, pode reduzir os efeitos fitotóxicos e garantir maior segurança à cultura. De modo semelhante, Carvalho *et al.* (2014), avaliando doses sequenciais de oxyfluorfen em cebola transplantada, concluíram que a cultura apresentou boa seletividade a todas as doses testadas. Ainda segundo Ferreira *et al.* (2000), a adoção do parcelamento da dose favorece a tolerância da cebola ao herbicida, reforçando a importância do posicionamento estratégico no ciclo da cultura como fator determinante para a seletividade.

Observações semelhantes foram registradas em outras liliáceas, como o alho, onde o

uso de oxyfluorfen causou sintomas visuais de injúria, mas não comprometeu a produtividade nem a proporção de bulbos comerciais (Barbosa, 2021). Por outro lado, Olescowicz *et al.* (2021) relataram que a aplicação do mesmo herbicida na fase de estabelecimento da cultura em campo, mesmo com dose reduzida ($0,086 \text{ kg ha}^{-1}$), resultou na morte das plantas. Esses dados confirmam que os estádios iniciais representam uma janela de alta sensibilidade da cultura, sendo a tolerância ao produto progressivamente maior nas fases subsequentes. Assim, mesmo com a aplicação de doses mais elevadas em estádios mais avançados, os sintomas de fitotoxicidade observados tendem a ser menores, sem reduções significativas da produtividade.

Portanto, este estudo reforça que a seletividade do oxyfluorfen para a cultura da cebola está intrinsecamente ligada a fatores como o estágio fenológico da planta no momento da aplicação e a dose utilizada, associadas às condições ambientais ideais para aplicação. A adoção de práticas de manejo que considerem essas variáveis pode ampliar a margem de segurança do herbicida, assegurando sua eficácia no controle de plantas daninhas e a manutenção do desempenho produtivo da cultura.

3.4 PENDIMENTALINA

A aplicação do herbicida pendimetalina na cultura da cebola resultou em sintomas de fitotoxicidade classificados entre muito leves e leves ao longo de todo o ciclo da cultura, não ultrapassando 10% de intensidade visual (Tabela 6). Aos sete dias após a aplicação (DAA), foram observados sintomas nos tratamentos 2, 7, 8, 10, 13 e 14, correspondentes às doses de 910, 455+455, 910+910, 910+910, 455+455+455 e 910+910+910 g i.a. ha^{-1} , respectivamente. Dentre esses, o tratamento 7 apresentou os maiores sintomas de fitotoxicidade, com valor estatisticamente superior aos demais, sendo classificado com intensidade leve. Nos demais tratamentos mencionados, os sintomas foram visuais, porém discretos, classificados como muito leves, sem diferenças estatísticas entre si.

Tabela 6. Níveis de fitotoxicidade em cebola aos sete, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do herbicida pendimentalina, nas doses de 455 (Dose 1) e 910 g i.a. ha^{-1} (Dose 2) em folha 1, 3 e 5. Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tratamento	Época de aplicação	Dose	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
1	Folha 1	D1	0	0	0	0
2	Folha 1	D2	3,33b	0	0	0

3	Folha 3	D1	0	0	0	0
4	Folha 3	D2	0	0	0	0
5	Folha 5	D1	0	0	0	0
6	Folha 5	D2	0	0	0	0
7	Folha 1 e 3	D1	6,67a	0	0	0
8	Folha 1 e 3	D2	3,33b	1,67b	0	0
9	Folha 1 e 5	D1	0	0	0	0
10	Folha 1 e 5	D2	1,67b	0	0	3,33b
11	Folha 3 e 5	D1	0	0	0	3,33b
12	Folha 3 e 5	D2	0	0	0	3,33b
13	Folha 1, 3 e 5	D1	3,33b	6,67a	0	6,67a
14	Folha 1, 3 e 5	D2	1,67b	1,67b	0	0
Testemunha	---	---	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2025).

Aos 14 dias após a aplicação (DAA), os tratamentos 8, 13 e 14, que receberam doses de 910+910, 455+455+455 e 910+910+910 g i.a. ha⁻¹ de pendimetalina, respectivamente, ainda apresentavam sintomas visuais de fitotoxicidade (Tabela 6). Houve diferença estatística entre os tratamentos, sendo o tratamento 13 aquele que exibiu o maior índice de fitotoxicidade, com sintomas classificados como leves. Nos demais tratamentos (8 e 14), os sintomas foram classificados como muito leves e não causaram comprometimento visível no desenvolvimento das plantas. Esses resultados indicam que, embora a fitotoxicidade tenha persistido por mais tempo em algumas doses, a intensidade dos sintomas permaneceu dentro de limites aceitáveis, sugerindo boa seletividade do herbicida.

Aos 21 DAA, nenhum dos tratamentos avaliados apresentou sintomas visíveis de fitotoxicidade, evidenciando que os efeitos observados nas avaliações anteriores foram transitórios e que a cultura foi capaz de se recuperar completamente. A ausência de sintomas neste período reforça a boa tolerância da cebola à pendimetalina, mesmo nas doses mais elevadas, além de evidenciar que os efeitos iniciais não comprometeram o desenvolvimento da cultura em longo prazo. Esses achados mostram a viabilidade do uso da pendimetalina como alternativa seletiva para o manejo de plantas daninhas na cultura da cebola, quando aplicada em condições adequadas (Tabela 6).

Contudo, aos 28 DAA, os tratamentos 10, 11, 12 e 13, correspondentes às doses de 910+910, 455+455, 910+910 e 455+455 g i.a. ha⁻¹, respectivamente, voltaram a apresentar sintomas visuais de fitotoxicidade. Dentre esses, o tratamento 13 voltou a se destacar, apresentando sintomas classificados como leves e estatisticamente superiores aos demais. Nos

demais tratamentos, os sintomas foram classificados como muito leves, sem interferência significativa no desenvolvimento da cultura (Tabela 6). Esse reaparecimento pontual dos sintomas pode estar associado à redistribuição da pendimetalina no solo após chuvas ou irrigações subsequentes, como descrito por Zimdahl (2018) para herbicidas residuais.

A produtividade da cultura da cebola não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos que receberam aplicação da pendimetalina e o tratamento controle, que não foi submetido à aplicação do produto (Figura 8). Esse resultado demonstra que os sintomas de fitointoxicação observados ao longo do ciclo, embora tenham variado em intensidade entre os tratamentos, não se traduziram em prejuízos agrônômicos. A ausência de impacto na produtividade sugere que a cultura foi capaz de se recuperar completamente dos efeitos iniciais do herbicida, mesmo nas doses mais elevadas.

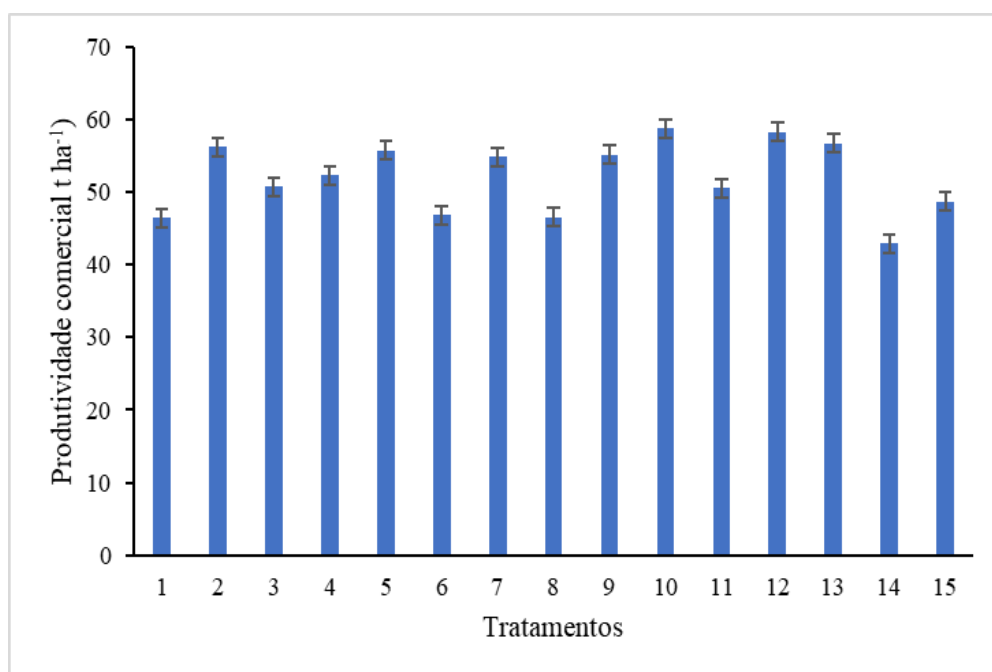


Figura 8. Produtividade comercial da cebola após aplicação de doses do herbicida pendimetalina em diferentes épocas. Fonte: Autoria própria (2025).

Na avaliação da qualidade comercial dos bulbos, baseada no diâmetro transversal, a maioria das amostras colhidas foi classificada como Classe 3 (Figura 9), que compreende bulbos com diâmetro entre 50 e 75 mm – faixa considerada a mais valorizada no mercado, por apresentar elevada aceitação comercial. A predominância dessa classe indica que, apesar dos sintomas visuais de fitotoxicidade observados ao longo do ciclo, a aplicação da pendimetalina não comprometeu a qualidade dos bulbos produzidos, reforçando sua seletividade agrônômica e potencial de uso seguro na cultura da cebola sob condições de semeadura direta em ambiente semiárido.

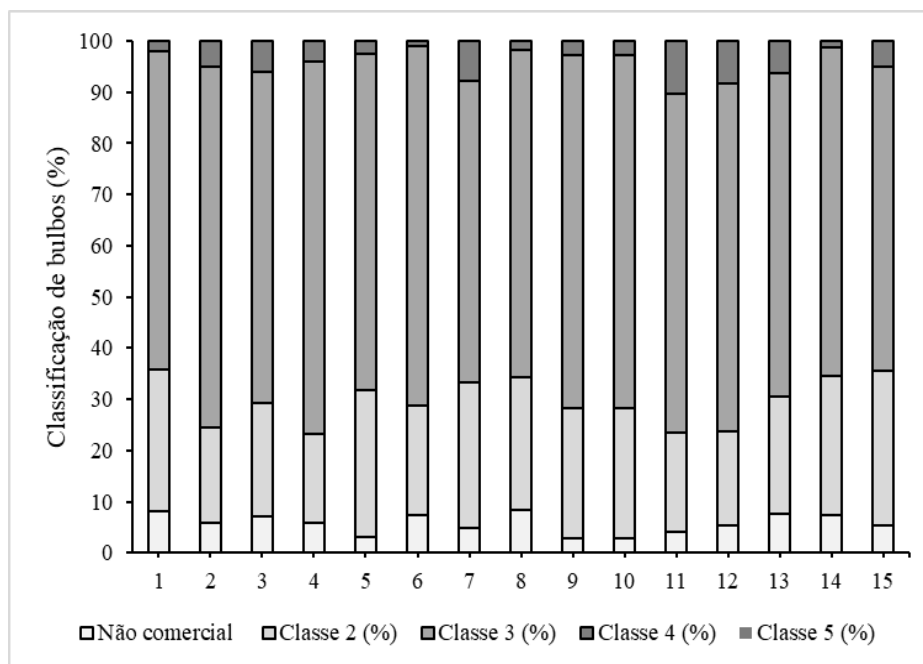


Figura 9. Classificação de bulbos de cebola após a aplicação em pós-emergência do herbicida pendimetalina em diferentes doses e épocas. Fonte: Autoria própria (2025).

Os resultados obtidos neste estudo estão em consonância com os dados de Olescowicz *et al.* (2021), que observaram elevada seletividade da pendimetalina quando aplicada após o estabelecimento da cultura, aos 21 dias após a semeadura (DAS), sem comprometer o desenvolvimento da cebola. Por outro lado, aplicações realizadas em pré-emergência total ou durante a emergência, aos 15 DAS, resultaram em elevados níveis de fitotoxicidade, evidenciando maior sensibilidade da cultura aos efeitos do herbicida em estádios iniciais. Esses dados reforçam a importância do momento da aplicação como fator determinante na seletividade da pendimetalina, uma vez que a tolerância da cebola ao produto parece aumentar com o avanço do desenvolvimento vegetativo.

Adicionalmente, a pendimetalina apresenta alto coeficiente de partição octanol/água (K_{ow}), o que reflete sua natureza lipofílica (Monquero, 2013). Em teoria, isso favorece a absorção do herbicida por estruturas com maior deposição de ceras epicuticulares, como ocorre nas fases mais avançadas da cultura. No experimento, os níveis de fitotoxicidade observados ao fim do ciclo foram semelhantes aos registrados ao longo do desenvolvimento da planta, sugerindo que as doses utilizadas (variando de 0,4 a 0,9 kg i.a. ha⁻¹) foram suficientemente baixas para evitar impactos expressivos na fisiologia da cultura, independentemente do estágio fenológico.

A ausência de diferenças significativas de produtividade entre os tratamentos confirma a boa seletividade da pendimetalina para a cebola nas condições avaliadas. Esses achados

corroboram os resultados de Gomes (2022), que avaliou doses semelhantes à maior utilizada neste experimento (910 g i.a. ha⁻¹) em diferentes aplicações, constatando seletividade consistente em cinco experimentos distintos, com ocorrência apenas de sintomas leves ou mesmo ausência de fitotoxicidade. Tal constatação reforça o potencial da pendimetalina como ferramenta segura para o manejo de plantas daninhas na cebola, especialmente em ambientes do semiárido.

Em contrapartida, Chagas *et al.* (2022) relataram que a aplicação de pendimetalina em pré-emergência se destacou entre os herbicidas avaliados na cultura da cebola conduzida por semeadura direta, com a dose de 4 L ha⁻¹ apresentando o melhor desempenho em eficácia e seletividade. No entanto, doses mais elevadas (6 e 8 L ha⁻¹) aplicadas nas mesmas condições resultaram em severa fitotoxicidade da cultura.

Esses dados ressaltam a necessidade de aprofundamento nos estudos com pendimetalina na cultura da cebola, particularmente quanto à definição da dose ideal. Portanto, é essencial estabelecer um equilíbrio técnico entre a eficácia no controle e a segurança para a cultura, considerando os fatores agronômicos e ambientais que influenciam a resposta da cebola ao herbicida. O refinamento desse manejo poderá contribuir significativamente para a sustentabilidade do cultivo, especialmente em regiões semiáridas, onde a pressão de plantas daninhas e as limitações de recursos são mais acentuadas.

4 CONCLUSÃO

O presente estudo contribui para a compreensão da seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da cebola cultivada por semeadura direta em condições de semiárido.

Os herbicidas flumioxazina, oxadiazon, oxyfluorfen e pendimetalina apresentaram comportamento seletivo, sem impacto negativo na produtividade da cultura nas doses testadas. Esses produtos, portanto, constituem alternativas viáveis e seguras para o manejo químico.

A predominância de bulbos comerciais da Classe 3 em todos os tratamentos reforça a recuperação da cultura frente a exposições controladas aos herbicidas avaliados e destaca o potencial produtivo da cebola sob semeadura direta, mesmo com o uso de produtos químicos.

Recomenda-se a continuidade das pesquisas com foco na eficiência de controle das espécies daninhas predominantes, visando ao aperfeiçoamento do manejo integrado da cultura da cebola e à redução da dependência de métodos manuais de controle.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BARBOSA, Amanda Rocha. **Prospecção de herbicidas em pós-emergência na cultura do alho (*Allium sativum* L.)**. 2021. 31f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Rio Parnaíba, Minas Gerais, 2021.
- BAYER VEGETABLES BRASIL. **Cebola Campo Lindo Seminis**. Disponível em: <https://www.vegetables.bayer.com/br/pt-br/recursos/noticias/the-title-of-the-article.html>. Acesso em: 15 out. 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária. **Portaria n. 529, de 18 ago. 1995**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1 set. 1995. Seção 1, p. 13513.
- CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: Esam, 1995.
- CARVALHO, D. R. *et al.* Eficiência do oxyfluorfen no controle de plantas daninhas na cultura da cebola transplantada irrigada por gotejamento. **Revista Agro@mbiente Online**. v. 8, n. 1, p. 127-133, 2014.
- CHAGAS, Luciana Aparecida *et al.* Avaliação do controle de plantas daninhas na cultura da cebola (*Allium cepa*) em sistema de semeadura direta na região da Fazenda Rio Grande-PR. **Revista Ciência da Sabedoria**, v. 3, n. 1, p. e56-e56, 2022.
- DA SILVA, P. V.; MONQUERO, P. A. Influência da palha no controle químico de plantas daninhas no sistema de cana crua. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 94-103, 2013.
- DE FREITAS SOUZA, Matheus *et al.* Soil water availability alter the weed community and its interference on onion crops. **Scientia Horticulturae**, v. 272, p. 109573, 2020.
- DE SOUZA, João Igor *et al.* Resposta à aplicação sequencial tardia de herbicidas na cultura da cebola transplantada em diferentes arranjos de plantas. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science/Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 25-33, 2015.
- DHANANIVETHA, M. *et al.* Weed management in onion: A review. **Agricultural Reviews**, v. 38, n. 1, p. 76-80, 2017.
- ELLIOTT, Joseph R. *et al.* Kinetics of Lipophilic Pesticide Uptake by Living Maize. **ACS Agricultural Science & Technology**, v. 3, n. 5, p. 445-454, 2023.
- EMBRAPA HORTALIÇAS. **Produção de cebola no Brasil – Sistemas de cultivo e recomendações técnicas**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2011. 32 p. (Sistemas de Produção, 10).
- EMBRAPA HORTALIÇAS. **Sistema de produção de cebola: semeadura direta e transplantio**. Brasília, DF: Embrapa, 2020.

EMBRAPA. **Sistema de produção da cebola**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/162406/1/Socioeconomia-Sistema-de-producao.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. rev. Brasília, DF; Rio de Janeiro, RJ: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPS, 2006.

FERREIRA, Lino R. *et al.* Seletividade e eficácia da aplicação sequencial de oxyfluorfen e de ioxynil-octanoato, em semeadura direta de cebola. **Planta Daninha**, v. 18, p. 39-50, 2000.

GOMES, Carolina Alves. **Seletividade de herbicidas em pós-emergência na cebola**. 2022. 32f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/bc66aa68-56d1-4eb2-a7a5-c5df086c8018/content>. Acesso em: 10 jan. 2025.

GUPTA, Rahul Kumar *et al.* Weed management in transplanted onion (*Allium cepa* L.) through early post-emergence herbicides. **Plant Archives**, v. 20, n. 2, p. 6919-6924, 2020.

HERRMANN, Chad M. *et al.* Postemergence weed control in onion with bentazon, flumioxazin, and oxyfluorfen. **Weed Technology**, v. 31, n. 2, p. 279-290, 2017.

IBGE. **Produção de cebola**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cebola/br>. Acesso em: 8 ago. 2024.

JAT, P. K.; CHOUDHARY, K.; KLANDELWAL, S. K. Integrated weed management studies in onion (*Allium cepa*) during rabi and kharif season. **International Journal of Chemical Studies**, v. 6, n. 2, p. 2114-2119, 2018. Disponível em: <https://www.chemijournal.com/archives/2018/vol6issue2/PartAD/6-2-155-349.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.

LOCKHART, Sam J.; HOWATT, Kirk A. Split applications of herbicides at reduced rates can effectively control wild oat (*Avena fatua*) in wheat. **Weed Technology**, v. 18, n. 2, p. 369-374, 2004.

OLESCOWICZ, Dieisson *et al.* Seletividade de herbicidas com atividade residual em cebola cultivada em semeadura direta. **Weed Control J**, v. 20, e202100739, 2021.

OLIVEIRA, Marcelo Gomes *et al.* Tolerância da cebola implantada por semeadura direta ao flumioxazin aplicado em pós-emergência inicial. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 2, p. 1-8, 2018.

PIRES, Ibrain Alves. **Posicionamento do herbicida oxadiazon na cultura da cebola em semeadura direta**. 2023. 53f. Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, Morrinhos, 2023. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_9/2024-12-11-10-07-402023%20IBRAIN%20ALVES%20PIRES%20-%20Posicionamento%20de%20herbicida%20Oxadiazon%20na%20cultura%20da%20cebola%20em%20semeadura%20direta.pdf. Acesso em: 16 mai. 2025.

REIS, M. R.; MELO, C. A. D.; ASSIS, A. C. L. P. Manejo de Plantas Daninhas. In: NICK, C.; BORÉM, A. (org.). **Cebola do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2018. p. 179-200.

ROZANSKI, Albino *et al.* Efeito do herbicida flumioxazin nas plantas daninhas e na cultura da cebola. **Boletim Informativo, Ciência das Plantas Daninhas, SBCPD**, v. 8, n. 1, 2002.

SBCPD. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2017. 574 p.

ZIMDAHL, R. L. **Fundamentals of weed science**. 5a ed. Academic Press, 2018.

ŽVEPLAN, Silvo *et al.* Weed management in onion (*Allium cepa* L.) with herbicides. **Plant Protection Society of Slovenia**, p. 216-222, 2022.

ANEXOS

ANEXO A: Escala de notas utilizada para avaliação visual de intoxicação das plantas pelo herbicida.

Conceito	Notas (%)	Observação
Muito leve	0-5	Sintomas fracos ou pouco evidentes. Nota zero quando não se observam quaisquer alterações na cultura.
Leve	6-10	Sintomas nítidos, de baixa intensidade.
Moderada	11-20	Sintomas nítidos, mais intensos que na classe anterior.
Aceitável	21-35	Sintomas pronunciados, porém, totalmente tolerados pela cultura.
Preocupante	36-45	Sintomas mais drásticos que na categoria anterior, mas ainda passíveis de recuperação, e sem expectativas de redução no rendimento econômico.
Alta	46-60	Danos irreversíveis, com previsão de redução no rendimento econômico.
Muito alta	61-100	Danos irreversíveis muito severos, com previsão de redução drástica no rendimento econômico. Nota 100 para morte total da planta.

Fonte: Autoria própria (2025), adaptado de SBPCPD (1995).