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

MATHEUS ALVES RIBEIRO

FERTILIZANTE FOLIAR ORGANOMINERAL COMO ATENUADOR DE FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS NA CULTURA DA CEBOLA EM SEMEADURA DIRETA

MOSSORÓ-RN
2025

MATHEUS ALVES RIBEIRO

FERTILIZANTE FOLIAR ORGANOMINERAL COMO ATENUADOR DE FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS NA CULTURA DA CEBOLA EM SEMEADURA DIRETA

Dissertação apresentada ao 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: Prof. Dr. Daniel Valadão Silva

MOSSORÓ-RN
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 n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 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.

R484f Ribeiro, Matheus Alves .
FERTILIZANTE FOLIAR ORGANOMINERAL COMO ATENUADOR DE FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS NA CULTURA DA CEBOLA EM SEMEADURA DIRETA / Matheus Alves Ribeiro. - 2025.
45 f. : il.

Orientador: Daniel Valadão Silva.
Coorientador: Fred Augusto Louredo de Brito.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2025.

1. Allium cepa L. 2. Estresse químico. 3. Mitigador de estresse. 4. Crop Evo®. I. Silva, Daniel Valadão , orient. II. Brito, Fred Augusto Louredo de , co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automáto em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo) 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.

MATHEUS ALVES RIBEIRO

FERTILIZANTE FOLIAR ORGANOMINERAL COMO ATENUADOR DE FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS NA CULTURA DA CEBOLA EM SEMEADURA DIRETA

Dissertação apresentada ao 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: 31 /07/2025 .

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br DANIEL VALADAO SILVA
Data: 05/08/2025 18:04:02-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Daniel Valadão Silva (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
gov.br LEILSON COSTA GRANGEIRO
Data: 07/08/2025 14:32:43-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Leilson Costa Grangeiro (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
gov.br NAIARA GUERRA
Data: 07/08/2025 14:43:02-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Naiara Guerra (UFSC)

Documento assinado digitalmente
gov.br HAMURABI ANIZIO LINS
Data: 07/08/2025 17:33:36-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Hamurábi Anízio Lins (UEFS)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
gov.br RENAN CANTALICE DE SOUZA
Data: 07/08/2025 16:12:59-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza (UFAL)
Membro Examinador

À minha amada mãe, Adeilza Alves da Costa (*in memoriam*), sou eternamente grato por todo o amor, dedicação e cuidado. Pra sempre te levarei em meu coração.

DEDICO

A Deus, por me guardar e fazer viver essa conquista. A minha família por ser minha base em todos os momentos.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me abençoar e nunca me abandonar nos momentos em que achei que não conseguiria.

À minha família, por sempre me apoiar e incentivar para que eu alcançasse meus sonhos e por estarem comigo durante essa caminhada.

Ao meu irmão, Ewerton Alves Ribeiro, pelo apoio, cuidado e parceria ao longo dessa trajetória e por ter nos presenteado com Valentina, que chegou como uma fonte de alegria em nossa família.

A Helen Lopes, pelo amor, companheirismo e incentivo, obrigado por dividir comigo sua presença em todos os momentos dessa trajetória.

Aos meus amigos, em especial a Daniel Mendonça e Daniel Dantas, que sempre estiveram comigo em todos os momentos, me apoiando e tornando leve os momentos mais difíceis dessa caminhada.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela contribuição profissional e pessoal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

À empresa FMC Agrícola, pelo suporte e confiança no desenvolvimento da pesquisa.

Ao meu orientador Dr. Daniel Valadão Silva, por todo apoio, confiança e amizade ao longo dessa trajetória. Sua orientação, paciência e parceria foram fundamentais para a conclusão desse ciclo.

Ao meu amigo Jesley Bandeira, pelo companheirismo ao longo dos experimentos, análises e momentos de descontração que tornaram essa trajetória mais leve.

Aos integrantes do Núcleo de Estudos em Matologia do Semi-Árido (NOMATO): Paulo Sérgio, Bruno Fernandes, Carolina Ramírez, Cydianne Cavalcanti, Daniele Amâncio, Lucrécia Pacheco, Valdívia, Daniel Viana, Hamurábi Lins, Taliane Teófilo, Beatriz Passos, Afonso Daniel, Luiz Gustavo, Gabriel Teles, Luiz Felipe e Mariano Neto, obrigado por toda ajuda na realização e condução desse estudo.

Por fim, a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

A cultura da cebola (*Allium cepa* L.) apresenta baixa competitividade com as plantas daninhas, o que torna o manejo eficaz dessas espécies fundamental para o alcance de elevados rendimentos. Entretanto, a alta sensibilidade da cebola aos herbicidas tem limitado a adoção de métodos químicos mais eficientes. Nesse cenário, a utilização de produtos com ação antiestressante, como os fertilizantes foliares, surge como uma estratégia promissora para mitigar os efeitos fitotóxicos causados pelos herbicidas. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial do fertilizante foliar organomineral em mitigar os efeitos fitotóxicos provocados por herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da cebola em semeadura direta. O experimento foi conduzido em condições de campo, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada em Mossoró-RN. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 × 3, com quatro repetições. O primeiro fator consistiu na aplicação sequencial dos herbicidas: oxifluorfem (270 g.i.a./ha); flumioxazina (130 g.i.a./ha); oxifluorfem + flumioxazina (270 + 130 g.i.a./ha) e uma testemunha capinada. As doses foram fracionadas em cinco aplicações sucessivas, de acordo com a aplicação dos tratamentos. O segundo fator correspondeu as épocas de aplicação do fertilizante foliar organomineral (400 mL ha): em mistura em tanque com o herbicida; três dias após a aplicação do herbicida e sem aplicação do fertilizante. Os tratamentos foram aplicados aos 29, 36, 43, 50 e 57 dias após a semeadura. Foram avaliadas as variáveis de fitotoxidez, teores de pigmentos fotossintéticos, produtividade (comercial, não comercial e total) e classificação de bulbos. O herbicida oxifluorfem apresentou maior seletividade à cultura, enquanto sua combinação com flumioxazina elevou os níveis de fitotoxidade. O uso do fertilizante foliar organomineral mitigou os efeitos fitotóxicos dos herbicidas aplicados em pós-emergência na cebola em semeadura direta e proporcionou incremento na produtividade total da cultura em relação a testemunha, com aumento de mais 21% quando aplicado junto a calda de herbicida e mais de 16% quando aplicado três dias após a aplicação de herbicida.

Palavras-chave: *Allium cepa* L. Estresse químico. Mitigador de estresse. Crop Evo®.

ABSTRACT

Onion (*Allium cepa L.*) cultivation exhibits low competitiveness against weeds, making effective management of these species crucial for achieving high yields. However, the onion's high sensitivity to herbicides has limited the adoption of more efficient chemical methods. In this scenario, the use of products with anti-stress action, such as foliar fertilizers, emerges as a promising strategy to mitigate the phytotoxic effects caused by herbicides. Therefore, this study aimed to evaluate the potential of organomineral foliar fertilizer in mitigating the phytotoxic effects caused by post-emergence herbicides applied to direct-seeded onion crops. The experiment was conducted under field conditions at the Rafael Fernandes Experimental Farm, located in Mossoró-RN, Brazil. A randomized block design in a 4 × 3 factorial scheme with four replications was adopted. The first factor consisted of the sequential application of herbicides: oxyfluorfen (270 g a.i./ha); flumioxazin (130 g a.i./ha); oxyfluorfen + flumioxazin (270 + 130 g a.i./ha); and a weeded control. Doses were fractionated into five successive applications, according to the treatment application schedule. The second factor corresponded to the application timings of the organomineral foliar fertilizer (400 mL/ha): in a tank mix with the herbicide; three days after herbicide application; and without fertilizer application. Treatments were applied at 29, 36, 43, 50, and 57 days after sowing. Phytotoxicity variables, photosynthetic pigment contents, yield (commercial, non-commercial, and total), and bulb classification were evaluated. The herbicide oxyfluorfen showed greater selectivity to the crop, while its combination with flumioxazin increased phytotoxicity levels. The use of organomineral foliar fertilizer mitigated the phytotoxic effects of post-emergence herbicides on direct-seeded onion and provided an increase in total crop yield compared to the control, with an increase of over 21% when applied together with the herbicide spray solution and over 16% when applied three days after herbicide application.

Keywords: *Allium cepa L*. Chemical stress. Stress mitigating. Crop Evo®.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 − Mapa de localização da área de estudo. 18

Figura 2 − Valores médios de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluviométrica de Mossoró, ocorridas durante a execução do experimento. 18

Figura 3 − Croqui da unidade experimental e área útil com suas respectivas medidas. 20

Figura 4 - Fitotoxicidade visual (%) em cebola aos 7, 14, 21 e 28 dias após a primeira aplicação (DAPA) de herbicidas com diferentes épocas de aplicação do fertilizante foliar Crop Evo®. 24

Figura 5 - Teor de clorofilas totais ($mg.g^{-1}$) (A, C, E) e carotenoides (B, D, F) em folhas de cebola em função da aplicação de herbicidas e diferentes épocas de aplicação do fertilizante foliar organomineral, avaliados aos 30 (A, B), 60 (C, D) e 90 dias após a semeadura (E, F). . 26

Figura 6 - Produtividade total da cultura da cebola ($t.ha^{-1}$), em função da aplicação de herbicidas. 28

Figura 7 - Produtividade total da cultura da cebola ($t.ha^{-1}$) em função da aplicação de fertilizante foliar organomineral. 29

Figura 8 - Classificação percentual de bulbos de cebola em função da aplicação de herbicidas (A) e de diferentes tempos de aplicação de fertilizante foliar organomineral (B). 30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 − Ingredientes ativos registrados para a cebola no Brasil, mecanismo de ação, época de aplicação e predominância de controle de plantas daninhas.....13

Tabela 2 − Ingredientes ativos, produtos comerciais, doses, épocas de aplicação (dias após a semeadura) dos tratamentos herbicidas utilizados eestágio da cultura da cebola. 19

Tabela 3 − Caracterização química e física do solo (profundidade de 0 a 20 cm) da área experimental antes da instalação do experimento. 20

Tabela 4 − Análise de variância para produtividade total da cultura da cebola em função do Crop evo®, herbicida e suas interações.....28

SUMÁRIO

1. Introdução..... 8
2. Revisão de literatura..... 11
2.1. Cultura da cebola..... 11
2.2. Métodos de controle de plantas daninhas na cultura da cebola..... 12
2.2.1. Controle químico de plantas daninhas na cebola..... 13
2.3. Inibidores da protox..... 14
2.3.1. Oxifluorfem..... 15
2.3.2. Flumioxazina..... 16
2.4. Uso de fertilizantes foliares na mitigação de estresse químico..... 16
3. Material e métodos..... 18
3.1. Localização e caracterização da área experimental..... 18
3.2. Delineamento experimental e tratamentos..... 19
3.3. Instalação e condução do experimento..... 20
3.4. Características avaliadas..... 22
3.4.1. Fitotoxicidade..... 22
3.4.2. Clorofila e carotenoides..... 22
3.4.3. Produtividade..... 22
3.4.4. Classificação de bulbos..... 22
3.5. Análises estatísticas..... 23
4. Resultados e discussão..... 24
4.1. Fitotoxicidade dos herbicidas..... 24
4.2. clorofilas e carotenoides..... 25
4.3. Produtividade..... 27
4.4. Classificação de bulbos..... 30
5. Conclusões..... 32
Referências..... 33

1. INTRODUÇÃO

A cebola é uma planta herbácea e monocotiledônea, pertencente à família Amaryllidaceae, com sistema radicular fasciculado, ramificado e superficial, apresentando-se na forma de bulbo tunicado (Santos, 2014). Trata-se de uma hortaliça versátil quanto a forma de consumo, podendo ser consumida como condimento, in natura, em saladas, processada e industrializada em uma grande gama de produtos, sendo consumida em todo o mundo (Dogliotti et al., 2011; Kurtz; Júnior; Higashikawa, 2018).

Em 2023, a produção mundial de cebola foi de cerca de 111.273.599 toneladas, sendo o segundo vegetal mais cultivado, depois do tomate. Os três maiores produtores foram a Índia, China e Egito, responsáveis por aproximadamente 58.872.395 milhões de toneladas. No mesmo ano, a produção brasileira foi de 1.639.970 toneladas, em uma área cultivada em 49.358 hectares (FAOSTAT, 2025).

Entre os fatores bióticos e abióticos que afetam a produtividade da cultura, destaca-se a interferência causada pelas plantas daninhas, que compete com a cultura por recursos disponíveis no ambiente, como água, nutrientes e luz e CO_2 (Galon *et al.*, 2018). A cebola é altamente suscetível à matocompetição, em virtude de seu crescimento inicial lento, sistema radicular superficial e folhas, cilíndricas dispostas de forma ereta, limitando a capacidade de sombreamento, favorecendo o desenvolvimento de plantas daninhas entre as fileiras (Dhananivetha *et al.*, 2017).

A baixa competitividade da cebola em relação às plantas daninhas é mais prejudicial nas fases iniciais do ciclo, sendo que longos períodos de convivência podem reduzir significativamente a produção de bulbos comercializáveis, em comparação à produção de uma lavoura livre de infestação (Souza *et al.*, 2016). Estudos demonstram que perdas de produtividade causadas pela competição com plantas daninhas podem alcançar perdas de até 100% da produção comercial dos bulbos (Eldin *et al.*, 2018; Jangre *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2021).

O controle das plantas daninhas pode ser realizado por diferentes métodos, incluindo o manual, cultural, químico, mecânico e biológico. Devido à grande sensibilidade da cultura à competição, à fragilidade de suas raízes e folhas ao manejo manual e ao espaçamento reduzido entre fileiras, o uso de herbicidas apresenta-se como uma ferramenta de grande importância para o controle das plantas daninhas (Dhananivetha *et al.*, 2017).

No entanto, no contexto do semiárido, o controle químico de plantas daninhas apresenta limitações importantes, principalmente em decorrência das condições edafoclimáticas típicas da região, como os solos de baixa fertilidade, alta temperatura e baixa umidade relativa do ar,

fatores que podem comprometer a eficiência dos herbicidas aplicados. Muitos desses produtos exigem recomendações específicas de uso, adaptadas às particularidades ambientais locais para que se obtenha eficácia satisfatória. Além disso, certas espécies daninhas, devido à sua biologia e elevada capacidade adaptativa, demandam estratégias de manejo mais específicas e complexas para um controle eficiente e sustentável (Tironi; Souza, 2013). Um exemplo relevante é a trapoeraba (*Commelina benghalensis*), espécie considerada de difícil controle na região do Rio Grande do Norte, cuja persistência tem sido relatada em áreas cultivadas mesmo após aplicações sucessivas de herbicidas. Soma-se a isso o uso contínuo de um mesmo princípio ativo ou de diferentes produtos com o mesmo mecanismo de ação, o que favorece a seleção de biótipos resistentes ou naturalmente tolerantes ao longo do tempo (Monquero; Cury; Chistoffoleti, 2005).

Outro fator limitante é a ocorrência de injúrias na cultura causadas por moléculas de herbidas, principalmente nas primeiras semanas do ciclo, em razão da elevada sensibilidade desta durante a fase inicial de desenvolvimento. Como estratégia para mitigar os efeitos fitotóxicos, a aplicação de herbicidas é frequentemente realizada de forma fracionada e escalonada, reduzindo o risco de fitotoxidade o e permitindo maior seletividade à cultura (Cavalieri, 2022).

Outra estratégia para atenuar os efeitos fitotóxicos dos herbicidas é a aplicação de fertilizantes foliares organominerais com aminoácidos na sua composição, que atuam como agentes antiestressantes, promovendo o melhor desenvolvimento da planta e reduzindo os danos causados pelos herbicidas (Orsi; Preczenhak; Morais, 2023). Esses produtos atuam indiretamente no estímulo ao crescimento vegetal, favorecendo a absorção mais eficiente de água e nutrientes, além de potencializar a resistência das plantas a estresses abióticos, como a seca, e aos efeitos residuais de herbicidas no solo (Galindo *et al.*, 2019).

No entanto, a eficácia dessa prática pode variar conforme a composição de cada fertilizante, uma vez que os produtos disponíveis no mercado apresentam diferentes concentrações de aminoácidos e nutrientes. Além disso, ainda são escassas as informações sobre possíveis interações físico-químicas e biológicas entre esses fertilizantes e os princípios ativos dos herbicidas quando aplicados em mistura na calda de pulverização. Por esse motivo, é fundamental que cada produto seja avaliado individualmente, considerando suas características específicas e os tipos de herbicidas utilizados, a fim de garantir segurança, compatibilidade e a eficiência agronômica da aplicação.

A cultura da cebola tem importante contribuição econômica, com destaque para a região Nordeste, possuindo diversos estudos a respeito da cultura, no entanto, pesquisas voltadas ao

uso de antiestressantes que auxiliam na recuperação de efeitos fitotóxicos ainda são escassas, evidenciando a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre o papel desses produtos associados ao controle químico de plantas daninhas. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de um fertilizante foliar organomineral em mitigar os efeitos fitotóxicos provocados por herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da cebola em semeadura direta.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura da cebola

A cebola (*Allium cepa* L.) tem seu centro de origem na Ásia Central (Turquia, Irã e Paquistão), é considerada uma das mais antigas espécies cultivadas (Costa; Geraldo Milanez de Resende, 2007). Na Idade Média, seus bulbos tornaram-se um dos alimentos básicos em diversas culinárias na maior parte do mundo, sendo amplamente consumidos durante o ano todo (Teshika *et al.*, 2019). De maneira geral, a cebola é cultivada e comercializada devido à sua versatilidade, sendo utilizada, principalmente, na forma de bulbo para consumo in natura (cru ou cozido), em conservas, alimentos processados, bulbos desidratados e na produção de sementes (Brewster, 2008). O uso da cebola varia de acordo com seu grau de pungência, variedades mais suaves são comumente utilizadas para saladas, enquanto as mais intensas, para o preparo de molhos (Wiczkowski, 2018).

Além disso, a cebola é rica em carboidratos, vitaminas, minerais, antioxidantes e óleos essenciais, o que faz seu uso extrapolar além da culinária (Roldán *et al.*, 2008). Ela também é utilizada em diversas preparações, tanto para uso interno quanto externo, no alívio de diferentes enfermidades, como distúrbios digestivos, doenças de pele, condições metabólicas, picadas de insetos, entre outras (Hayta; Polat; Selvi, 2014; Jaradat; Ayesh; Anderson, 2016; Sharma *et al.*, 2014; Silambarasan; Ayyanar, 2015).

A cebola tem seu cultivo praticado em todo o mundo, com uma área estimada de 5,84 milhões de hectares e o rendimento médio mundial é de 19,4 toneladas por hectare (FAOSTAT, 2025). O Brasil é o 14º maior produtor de cebola do mundo, sendo a terceira hortaliça de maior valor econômico, atrás da batata e do tomate (FAOSTAT, 2025). Dentre os estados com maiores produções, Santa Catarina, Bahia e Goiás se destacam com 53% da produção total nacional (IBGE, 2025).

O Nordeste brasileiro, além de ser um dos principais produtores nacionais, também se destaca por ser a única região do país com condições de produzir cebola durante todos os meses do ano, em razão de suas condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura (Grangeiro *et al.*, 2008). No entanto, embora as características climáticas possibilitem o cultivo contínuo, a produção real concentra-se em determinados polos que utilizam sistemas de irrigação. Essa prática permite superar limitações hídricas, garantindo elevada produtividade e qualidade dos bulbos, de acordo com as exigências da cultura (Bandeira *et al.*, 2013; Costa *et al.*, 2004).

O cultivo de cebola possui grande importância socioeconômica, não apenas pelo

expressivo volume produzido, mas também por ser uma cultura que demanda muita mão de obra, a qual contribui com a geração de empregos, viabilização de pequenas propriedades e fixação dos produtores no campo (Resende *et al.*, 2015).

Dada a sua relevância econômica, social e nutricional, a cultura da cebola demanda práticas de manejo que assegurem elevados níveis de produtividade e qualidade dos bulbos. No entanto, diversas evidências mostram que a cebola apresenta baixa capacidade competitiva frente às plantas daninhas, em função de seu crescimento inicial lento, sistema radicular superficial e folhagem esparsa (Sahoo *et al.*, 2017). Esse contexto destaca a interferência das plantas daninhas como um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento da cultura, corroborando a necessidade de métodos de controle eficientes.

2.2. Métodos de controle de plantas daninhas na cultura da cebola

A cebola (*Allium cepa* L.) caracteriza-se por sua folhagem esparsa e sistema radicular superficial, atributos que a tornam altamente suscetível à competição por plantas daninhas, resultando em expressiva redução de produtividade. Adicionalmente, a taxa de crescimento inicial da cebola é lenta em comparação ao rápido desenvolvimento das plantas daninhas, intensificando a competição por recursos essenciais como espaço, nutrientes e água (Hembrom *et al.*, 2023).

As perdas ocasionadas pela interferência de plantas daninhas na cultura da cebola são, frequentemente, superiores àquelas causadas por insetos, pragas e doenças. Além da redução na produtividade, diversos estudos relatam prejuízos significativos na qualidade dos bulbos em decorrência da intensa competição imposta pelas plantas daninhas (Priya *et al.*, 2017).

Diversos métodos estão disponíveis para o controle eficaz de plantas daninhas na cultura da cebola, entre eles a capina manual, que é uma prática tradicional (Khan *et al.*, 2023). Entretanto, apresenta importantes limitações operacionais, uma vez que demanda elevado custo e grande quantidade de mão de obra — fator agravado pela escassez crescente de trabalhadores disponíveis no campo. Além disso, trata-se de um método demorado e que pode causar danos mecânicos aos bulbos durante sua execução (Bhasker *et al.*, 2024; Khan *et al.*, 2023).

Diante da alta suscetibilidade da cebola à interferência das plantas daninhas e das limitações associadas aos métodos de controle, torna-se fundamental a adoção de estratégias mais eficazes, rápidas e economicamente viáveis. Nesse contexto, o uso de herbicidas tem se destacado como a principal alternativa para o manejo de plantas daninhas na cultura da cebola (Kaur *et al.*, 2023).

2.2.1. Controle químico de plantas daninhas na cebola

O controle de plantas daninhas é indispensável para a produção bem-sucedida de cebola, pois a cultura possui limitada capacidade de competição com espécies daninhas, conforme demonstrado por inúmeros estudos (Bond; Burston, 1996; Menges; Tamez, 1981; Wicks *et al.*, 1973; Williams; Ransom; Thompson, 2007).

O controle químico baseia-se na utilização de produtos químicos, naturais ou sintéticos com ação herbicida, com o objetivo de interferir nos processos bioquímicos e fisiológicos das plantas daninhas, promovendo sua morte ou limitando seu crescimento. Entre as principais vantagens dessa técnica estão a sua alta eficiência e praticidade, especialmente em grandes áreas, pois permite um controle rápido e com menor necessidade de mão de obra. Além disso, quando aplicado nas doses corretas, apresenta seletividade às culturas e evita a competição com plantas daninhas desde os estágios iniciais do cultivo (Maciel, 2014).

Atualmente, no Brasil, as recomendações para o uso de herbicidas na cultura são voltadas, principalmente, para o sistema de implantação por mudas (cebola trasnplantada), totalizando apenas dez ingredientes ativos disponíveis para uso (Tabela 1) (Agrofit, 2025).

Tabela 1 - Ingredientes ativos registrados para a cebola no Brasil, mecanismo de ação, época de aplicação e predominância de controle de plantas daninhas.

Ingrediente ativo	Mecanismo de ação	Época de aplicação	Predominância de controle
Cletodim	Inibição da acetil-coenzima A carboxilase (ACCase)	Pós-emergência	Folha estreita
Dibrometo de diquate	Inibição da fotossíntese no fotossistema I (FSI)	Pré-emergência	Folha larga
Fenoxaprope-P-etílico	Inibição da acetil-coenzima A carboxilase (ACCase)	Pós-emergência	Folha estreita
Fluazifope-P-butílico	Inibição da acetil-coenzima A carboxilase (ACCase)	Pós-emergência	Folha estreita
Flumioxazina	Inibição da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX)	Pós-emergência	Folha larga
Linurom	Inibição da fotossíntese no fotossistema II (FSII)	Pós-emergência	Folha larga
Metam-sódico	Mecanismo de ação não completamente compreendido	Pré-emergência	Folha larga
Oxadiazon*	Inibição da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX)	Pré e Pós-emergência	Folha larga
Octanoato de ioxinila	Inibição da fotossíntese no fotossistema II (FSII)	Pós-emergência	Folha larga
Oxifluorfem*	Inibição da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX)	Pós-emergência	Folha larga

*Consta em bula, porém não está atualmente listado no sistema Agrofit como igrediente ativo registrado para a cultura.

A aplicação de herbicidas registrados para o sistema de semeadura direta resulta em redução significativa da produção quando são utilizadas as doses recomendadas para o sistema

de transplantio (Oliveira *et al.*, 2018).

O uso de herbicidas de pré-emergência mantém a cultura livre de plantas daninhas durante os estágios iniciais. Dessa forma, em estágios posteriores, a capina manual ou a aplicação de herbicidas de pós-emergência ajudam a reduzir o custo da capina e a manter a população de plantas daninhas abaixo do nível de dano econômico durante todo o período de crescimento da cebola (Sahoo *et al.*, 2017).

Contudo, para que um herbicida, ou uma combinação de ingredientes ativos, seja considerado eficaz, ele deve proporcionar um controle satisfatório às plantas daninhas sem causar danos significativos à cultura, evitando perdas no rendimento final da produção (Bond; Burston, 1996; Menges; Tamez, 1981; Wicks *et al.*, 1973; Williams; Ransom; Thompson, 2007). Desse modo, estudos anteriores com os herbicidas pendimetalina, oxadiazona aplicados em pré-emergência e glufosinato de amônio aplicados em pós-emergência, apresentaram seletividade à cultura da cebola em semeadura direta (Chagas *et al.*, 2022). Igualmente como os ingredientes ativos oxifluorfem e ioxynil em doses reduzidas, aplicados em pós-emergência, apresentaram resultados promissores quanto à seletividade para cebola em semeadura direta (Ferreira *et al.*, 2000), porém insuficientes para manter a cultura livre da interferência das plantas daninhas, principalmente no início do período crítico.

Dentre os diferentes mecanismos de ação empregados no controle químico de plantas daninhas na cultura da cebola, destacam-se os herbicidas inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX). Essa classe de herbicidas tem sido objeto de diversos estudos devido à sua eficácia no controle de espécies de plantas daninhas em pós-emergência, sobretudo as de folhas largas.

2.3. Inibidores da protox

Os herbicidas inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (Protox ou PPO) foram amplamente comercializados na década de 1960, alcançando cerca de 10% de participação no mercado de ingredientes ativos de herbicidas até o final dos anos 1990 (Dayan; Duke, 2010)

Antes da descoberta do sítio-alvo molecular desses herbicidas, esses compostos eram comumente chamados de "herbicidas do tipo éter difenílico" (Matringe *et al.*, 1989). Naquela época, quase todos os inibidores de Protox eram éteres difenílicos, gerando assim uma confusão na classificação de herbicidas, pois outros herbicidas de "éter difenílico" têm um sítio de ação molecular totalmente diferente (por exemplo: inibição da acetil CoA carboxilase). Atualmente, muitas outras classes de inibidores de Protox são comercializadas. De modo geral, os produtos mais recentes são inibidores de Protox de maior ação, resultando doses mais baixas de aplicação

do que os herbicidas mais antigos dessa classe (Dayan; Duke, 2010). Alguns deles parecem ser estruturalmente análogo do substrato ou de um estado de transição substrato/produto da enzima.

A Protox localiza-se nos cloroplastos e nas mitocôndrias das células vegetais, sendo a última enzima comum às rotas de produção da clorofila e de compostos heme. Dessa forma, sua inibição pode comprometer a produção dos compostos de ambas as rotas. No interior das células, esses herbicidas provocam o acúmulo de compostos que interagem com luz e oxigênio (compostos fotodinâmicos), resultando na síntese de espécies reativas de oxigênio, principalmente o oxigênio singleto (Vidal *et al.*, 2014).

O resultado dessas espécies reativas de oxigênio geradas no interior das células leva a danos irreversíveis da função da membrana e estrutura de plantas suscetíveis (Duke *et al.*, 1991). Essas formas reativas de oxigênio, promovem o estresse oxidativo, com extravasamento de água e íons, causando a interrupção da fotossíntese e ocasionando o branqueamento de pigmentos dos cloroplastos (Matsumoto, 2002).

Em condições de campo, a observação de sintomas de branqueamento em plantas jovens pode levar a interpretações incorretas sobre os efeitos dos herbicidas: o efeito do éter difenílico (DPE) clássico, devido ao acúmulo de protoporfirina IX e sua excitação pela luz, manifesta-se nas fases iniciais do desenvolvimento das partes aéreas da planta, sendo responsável pela morte precoce e desaparecimento rápido da plântula, provocado pela dessecação e necrose dos tecidos. Quando a concentração do herbicida no interior da planta é inferior ao limiar necessário para causar sua morte, o branqueamento torna-se evidente nas primeiras folhas formadas, mas deixa de ser observado nas folhas que se desenvolvem posteriormente (Kilinc *et al.*, 2009). Os sintomas variam conforme a espécie vegetal, uma vez que diferentes espécies apresentam distintos mecanismos de tolerância aos herbicidas. Além disso, a intensidade dos sintomas também depende da dose do herbicida aplicada, onde subdoses podem causar apenas branqueamento celular sem ocasionar a morte da planta, enquanto doses ótimas causam rápida necrose e morte (Fausey; Penner; Renner, 2000).

Dentre os herbicidas registrados para a cultura da cebola que atuam na enzima Protox, têm-se o oxifluorfem e a flumioxazina, ambos são amplamente empregados devido à sua eficiência no controle em pré e pós-emergência de diversas espécies daninhas (Agrofit, 2025).

2.3.1. Oxifluorfem

O oxifluorfem atua na inibição da enzima Protox e tem sido o principal herbicida para controle em pós-emergência de plantas daninhas de folhas largas em cebola por cerca de 30 anos (Herrmann *et al.*, 2017). Esse herbicida apresenta maior persistência no solo em

comparação a alguns herbicidas utilizados na cultura da cebola, como a pendimethalina. É classificado como de baixo risco para a contaminação de águas subterrâneas, com base em sua meia-vida (de 34,3 a 52,3 dias até 90 dias após a aplicação) e nos níveis de resíduos no solo (16,7% e 34,8% até 90 dias após a aplicação) (Alister *et al.*, 2009).

É um herbicida seletivo de contato, utilizado no controle de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas, tanto em pré quanto em pós-emergência. Na aplicação em pré-emergência, as plantas daninhas dificilmente emergem do solo e após a emergência, ele age como um herbicida de contato que requer luz para sua ativação (Khan; Sarker; Rahman, 2022).

2.3.2. Flumioxazina

A flumioxazina também age na inibição da Protox e representa uma alternativa viável para o controle químico de plantas daninhas na cultura da cebola. Seu ingrediente ativo é não iônico, com baixa solubilidade em água (1,79 mg L-1 a 25 °C) (Ferrell *et al.*, 2005). A pressão de vapor de 2,41 x 10-6 mm Hg a 22 °C, indicando baixo potencial de volatilização (Almeida; Rodrigues, 2011). No solo, pode apresentar meia-vida de 17,6 dias (Lewis *et al.*, 2016) e sofre degradação por hidrólise e pela atividade microbiana (Alister *et al.*, 2008).

Trata-se de um herbicida de ação de contato, apresentando rápida absorção foliar e baixa translocação dentro da planta (Roman *et al.*, 2007). Ademais, apresenta atividade residual no solo, podendo também ser indicado para aplicações em pré-emergência (Jaremtchuk *et al.*, 2009). Embora seja recomendado para uso a partir da emissão da quarta folha da cebola, sua aplicação em estádios mais avançados pode ser menos eficaz e resultar na redução da produtividade da cultura. No entanto, também apresenta atividade residual no solo, podendo ser indicado também para aplicações em pré-emergência (Souza *et al.*, 2015) da cultura da cebola.

Todavia, embora existam vários herbicidas indicados para a cultura da cebola, como a flumioxazina, as recomendações de uso se restringem para a implantação por mudas (Agrofit, 2025). Com isso, o uso da flumioxazina em sistema de semeadura direta pode causar fitotoxicidade à planta de cebola devido a maior sensibilidade da cultura nesse sistema e uma alternativa para mitigar esses efeitos tem sido o uso de fertilizantes foliares com ação antiestressante.

2.4. Uso de fertilizantes foliares na mitigação de estresse químico

A fertilização foliar é um método que envolve a pulverização das folhas de plantas e culturas com nutrientes em sua forma líquida, auxiliando outros métodos de fertilização no suprimento nutricional da cultura. Este método apresenta diversos benefícios, incluindo maior eficiência na assimilação de nutrientes, resposta mais rápida da planta, menor impacto

ambiental e menor custo quando comparado a fertilizantes aplicados no solo (Fernández; Eichert, 2009; Murtaza *et al.*, 2023).

Além de suprir as necessidades nutricionais das culturas, estudos recentes mostraram que a aplicação foliar de nutrientes pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a resistência das culturas aos estresses (Niu *et al.*, 2020), incluindo os causados por herbicidas. Hodoșan *et al*. (2024) observaram aumentos significativos na produtividade de grãos de milho na condição em que o fertilizante foliar, a base de macro e microelementos minerais, foi aplicado em conjunto com herbicida contendo ácido 2,4-D (28%) e Dicamba (35%), quando comparado tanto ao controle não tratado quanto às parcelas que receberam apenas o herbicida. Zobiole *et al*. (2011), ao avaliar o uso de glyphosate associado ao fertilizante foliar AminoPlus® em variáveis fotossintéticas e de biomassa da cultura da soja, comprovou que a utilização de aminoácidos reduz os sintomas e prejuízos causados pela fitotoxidez de herbicidas.

A fertilização foliar proporciona absorção rápida dos nutrientes, permitindo uma resposta eficiente da planta no combate ao estresse. Situações de estresse induzem a produção de moléculas reativas que podem causar danos às estruturas celulares e aumentar o gasto energético da planta na tentativa de neutralizar esses efeitos. O fornecimento direto de aminoácidos e outros nutrientes por meio da aplicação foliar favorece a síntese de proteínas e contribui para o crescimento e recuperação das plantas (Brankov *et al.*, 2017).

O fertilizante foliar organomineral Crop Evo®, desenvolvido pela FMC, é composto por 6,0% de Carbono Orgânico Total (C), 1,0% de Nitrogênio (N), 3,1% de Enxofre (S), além de micronutrientes como Boro (0,090%), Cobalto (0,060%), Ferro (1,3%), Cobre (1,0%), Manganês (1,1%), Molibdênio (0,040%) e Zinco (2,3%).

O produto contém ácidos orgânicos como macro e microelementos desenvolvidos para potencializar o desempenho fisiológico das plantas em condições de estresse, como aqueles induzidos pela aplicação de herbicidas. Sua composição favorece a disponibilidade de nutrientes e contribui para processos metabólicos envolvidos na mitigação do estresse e na recuperação do crescimento vegetativo. O fertilizante é formulado a partir de diversas matérias-primas que fornecem macro e micronutrientes essenciais ao metabolismo vegetal. Entre os constituintes minerais, destacam-se ácido bórico, nitrato de cobalto, sulfato de cobre, sulfato ferroso, sulfato de manganês, molibdato de amônio e sulfato de zinco, que atuam como fontes de micronutrientes e contribuem para a prevenção de deficiências nutricionais

Seu uso é recomendado para diversas culturas, como frutas, hortaliças e grãos, o uso do Crop Evo® promove o aumento da fotossíntese e melhora a eficiência no uso da água pelas plantas, resultando em maior produtividade e qualidade na colheita (FMC – Agricola, 2025).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, localizada no distrito de Alagoinha, município de Mossoró-RN, Brasil (5°3'29.15"S e 37°23'45.44"O, 82 m de altitude), no período de agosto a dezembro de 2024 (Figura 1).

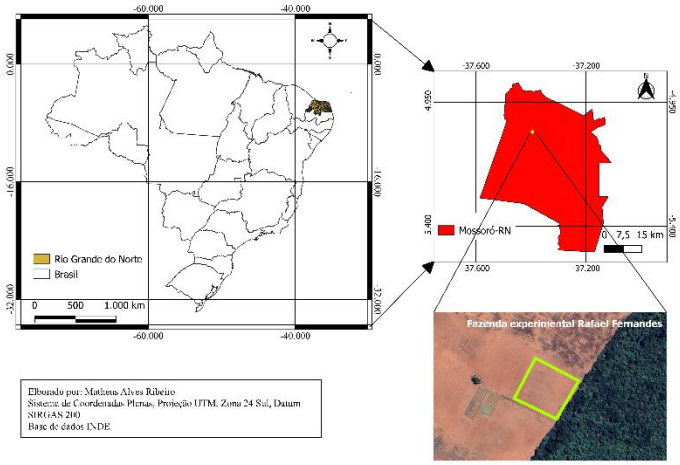


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSwh, caracterizado como quente e seco, com precipitação pluviométrica média anual de 673,9 mm (Alvares *et al.*, 2013). Os dados meteorológicos durante o período de cultivo de cebola foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (Figura 2).

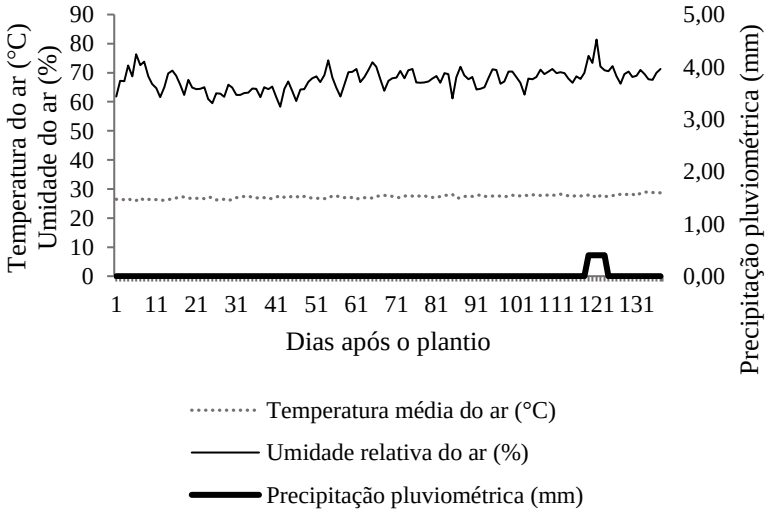


Figura 2 – Valores médios de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluviométrica de Mossoró, ocorridas durante a execução do experimento.

Os dados meteorológicos médios foram obtidos da estação meteorológica automática

"Mossoró (A31)" do INMET, 2024. A temperatura média do ar, durante o ciclo da cebola, foi de 27,3 ºC (máxima de 29,0 °C e mínima de 26,0 ºC), umidade relativa do ar de 67,6% e precipitação pluviométrica de 0,015 mm (Figura 2).

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido por delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 4 × 3.

O primeiro fator foi composto pelos tratamentos herbicidas: aplicação sequencial de oxifluorfem, aplicação sequencial de flumioxazina e aplicação combinada de oxifluorfem + flumioxazina e uma testemunha sem herbicida (Tabela 2).

Tabela 2 – Ingredientes ativos, produtos comerciais, doses, épocas de aplicação (dias após a semeadura) dos tratamentos herbicidas utilizados em estágio da cultura da cebola.

Ingrediente ativo	Produto comercial	Dose (g.i.a./ha)	Dias após a semeadura	Estágio
Oxifluorfem	Goal® BR – EC	270*	29 dias	Estabelecimento
			36 dias	Crescimento vegetativo inicial
			43 dias	Perfilhamento ativo
			50 dias	Início da formação do bulbo
			57 dias	Formação ativa de bulbo
Flumioxazina	SUMYZIN® 500 – SC	130*	29 dias	Estabelecimento
			36 dias	Crescimento vegetativo inicial
			43 dias	Perfilhamento ativo
			50 dias	Início da formação do bulbo
			57 dias	Formação ativa de bulbo
Oxifluorfem + Flumioxazina	Goal® BR – EC + SUMYZIN® 500 – SC	270* + 130*	29 dias	Estabelecimento
			36 dias	Crescimento vegetativo inicial
			43 dias	Perfilhamento ativo
			50 dias	Início da formação do bulbo
			57 dias	Formação ativa de bulbo

g.i.a./ha: gramas de ingrediente ativo por hectare.
*As doses indicadas foram fracionadas em cinco aplicações sucessivas, realizadas aos 29, 36, 43, 50 e 57 dias após a semeadura.

O segundo fator correspondeu às épocas de aplicação do fertilizante foliar organomineral Crop Evo® (CE) na dose de 400 mL ha^{1}: aplicação em mistura em tanque com o herbicida (Calda); aplicação três dias após a aplicação do herbicida (3 DAA) e sem aplicação do fertilizante.

A aplicação dos tratamentos herbicias e de fertilziante foliar foram realizadas com um pulverizador costal de pesquisa pressurizado com CO_2 (Herbicat® - Catanduva, SP, Brasil). O

equipamento possuía duas pontas do tipo plano Teejet XR 110.02, espaçadas a cada 50 cm, operando sob uma pressão de 2,0 kgf cm^{-2}. O sistema foi ajustado para distribuir um volume de 500 L por hectare, com a barra de pulverização posicionada a 50 cm de altura das plantas.

Os tratamentos foram aplicados nos horários de maior umidade relativa do ar, menores temperaturas e velocidade do vento, visando evitar deriva. Antes da aplicação dos herbicidas, as linhas de semeadura foram irrigadas até o solo atingir a capacidade de campo. A aplicação dos tratamentos tiveram início aos 29 dias após a semeadura da cebola e foram realizadas com intervalos de sete dias, sendo finalizadas aos 57 dias após a semeadura.

Cada unidade experimental constituiu-se de 4,0 m^2 de canteiro, com oito fileiras de plantas no espaçamento de 0,06 m entre plantas e 0,10 m entre fileiras. Ao longo de todo o ciclo da cultura, os canteiros foram mantidos livres da interferência de plantas daninhas por meio de capinas manuais realizadas semanalmente, de forma a assegurar que os efeitos observados fossem exclusivamente atribuídos aos tratamentos herbicidas aplicados.

Utilizou-se como área útil 2,4 m^2, considerando seis fileiras centrais e 3 metros de comprimento da unidade experimental (Figura 3).

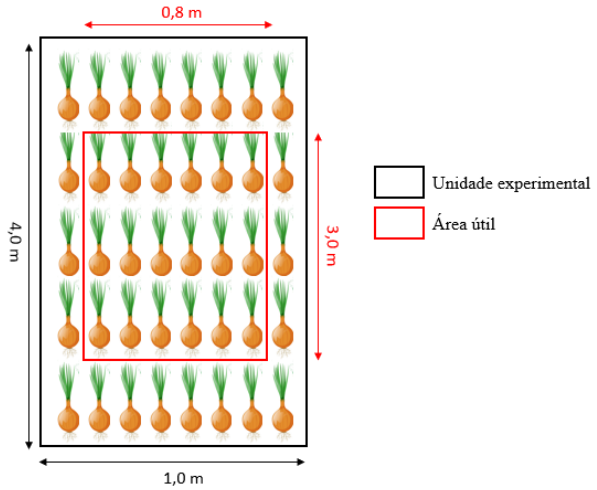


Figura 3 – Croqui da unidade experimental e área útil com suas respectivas medidas. Fonte: Autor (2025).

3.3. Instalação e condução do experimento

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo (EMBRAPA, 2021). A adubação do solo foi realizada de acordo com a necessidade da cultura, com base na análise de solo conduzida de acordo com metodologia proposta por Teixeira *et al.* (2017) (Tabela 3).

Tabela 3 – Caracterização química e física do solo (profundidade de 0 a 20 cm) da área experimental antes da instalação do experimento.

pH	MO	CE	K+	P	Na+	Ca2+	Mg2+	Al3+	H+Al3+	CTC	Areia	Silte	Argila	Classe textural

H2O	g kg^{-1}	dS/m	---mg dm^{-3}---			----------cmolc dm^{-3} ----------					--------%--------			
5,90	3,41	0,08	42,0	4,9	12,1	0,90	1,20	0,10	0,99	3,25	90,0	1,0	9,0	Areia

K+ = potássio; P = fósforo; Na+ = sódio; Ca2+ = cálcio; Mg2+ = magnésio; Al3+ = alumínio; H+Al3+ = acidez potencial; CTC = capacidade de troca catiônica; pH= potencial hidrogênio iônico; MO = matéria orgânica; CE = condutividade elétrica. 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.

O preparo do solo foi feito com uma aração e duas gradagens cruzadas, atingindo uma profundidade média de 0,20 m. Em seguida, com auxílio de uma enxada rotativa, realizou-se o levantamento dos canteiros com aproximadamente 0,30 m de altura e 1,00 m de largura.

A adubação foi realizada de acordo com as análises de solo (Tabela 3). A adubação de base foi feita com base na metodologia de Silva *et al*. (2021), adicionando 190 kg ha^{-1}de P_2O_5 na forma de superfosfato simples, aplicado a lanço no canteiro e incorporado a 5 cm de profundidade.

A adubação de cobertura foi realizada via fertirrigação, utilizando sistema de gotejamento com emissores espaçados a 0,30 m e vazão de 1,6 L h^{-1}, no qual foram aplicados 80,0 kg ha^{-1} de N; 60,0 kg ha^{-1} de K_2O; 45,0 kg ha^{-1} de Ca; 28,0 kg ha^{-1} de Mg; 22,0 kg ha^{-1} de S; 13 kg ha^{-1} de Zn; 14 kg ha^{-1} de Mn; 2,6 kg ha^{-1} de B; 2,6 kg ha^{-1} de Cu e 14,0 kg ha^{-1} de Fe;. As fontes utilizadas foram: ureia (45 % de N), nitrato de potássio (12% N e 45% K_2O), cloreto de potássio (58% K_2O), nitrato de cálcio (15% N e 18% Ca), sulfato de zinco (10% S e 20% Zn), sulfato de magnésio (12% S e 9% Mg), ácido bórico (17% B) e Rexolin® BRA (2,1% B; 2,66% Fe; 3,38% Zn; 2,48% Mn; 0,36% Cu e 0,036% Mo).

Adotou-se o método de irrigação localizada por gotejamento, utilizando quatro mangueiras gotejadoras por canteiro, com emissores espaçados a cada 0,20 m. Os gotejadores, do tipo autocompensante, foram dispostos a cada 0,30 m, proporcionando uma vazão média de 1,6 L h^{-1}. As irrigações ocorreram diariamente, com lâminas ajustadas de acordo com as condições meteorológicas e a necessidade da cultura. Os valores de Kc correspondentes aos estágios de desenvolvimento foi estimado pela evapotranspiração de referência (Allen *et al.*, 2006).

A semeadura foi conduzida manualmente, usando sementes da variedade híbrida “Campo Lindo” (Seminis), com a deposição de duas a três sementes por cova, a uma profundidade aproximada de dois centímetros. O desbaste e a repicagem ocorreram 20 dias após a semeadura, garantindo a permanência de uma planta por cova.

Após a semeadura, foi realizada a aplicação do herbicida oxadiazon em condição de pré-emergência da cultura da cebola, com o objetivo de promover o controle inicial das plantas daninhas.

A irrigação foi suspensa aos 120 DAS, quando 70% das plantas apresentaram acamamento (“folhas tombadas”), dando início ao processo de cura. Após 16 dias da interrupção da irrigação, os bulbos foram colhidos e passaram pela limpeza de folhas e raízes.

3.4. Variáveis avaliadas

3.4.1. Fitotoxicidade

Foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade aos 7, 14, 21 e 28 dias após a primeira aplicação dos herbicidas (DAPA). A fitotoxicidade foi avaliada visualmente para cada parcela, utilizando-se uma escala percentual de notas variando de 0 a 100%, onde zero correspondeu a ausência de sintomas característicos dos herbicidas e cem a morte completa das plantas observadas. A escala empregada foi a proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD), conforme adaptação de Yamashita e Guimarães, (2006).

3.4.2. Clorofila e carotenoides

As análises de clorofila e carotenoides foram realizadas em três períodos: 30, 60 e 90 dias após o plantio (DAP) da cebola. Os teores de clorofila e carotenoides foram mensurados de acordo com metodologia adaptada de Santos *et al*. (2008), utilizando aproximadamente 0,2 g de matéria fresca, colocada em tubos de ensaio hermeticamente fechados e com a adição de 7 mL de acetona 80%. Os tubos foram mantidos durante 24 h em mesa agitadora modelo BF MAOR 300 a 115 RPM. Após esse período, foi coletado 1 mL de extrato, colocado em cubeta e realizada a leitura em espectrofotômetro com absorbâncias em 663.2 e 646.8 nm para as clorofilas e 470 nm para os carotenoides. Com as leituras, foram mensurados os teores de clorofilas a, b, total e carotenoides (Wellburn, 1994). Os resultados foram expressos em mg por grama de peso fresco de tecido foliar (mg g^{-1}).

3.4.3. Produtividade

A produtividade foi determinada pela colheita dos bulbos da área útil da parcela, estes foram pesados e extrapolados para produtividade em t. ha^{-1}. A produtividade comercial se deu com base no peso total dos bulbos com diâmetro superior a 35 mm. Para os bulbos não comerciais (refugo), considerou-se os com diâmetro inferior a 35 mm (classe 1) e bulbos duplos. A produtividade total foi determinada pela soma dos pesos dos bulbos comerciais e não comerciais.

3.4.4. Classificação de bulbos

A classificação percentual dos bulbos foi realizada de acordo com o diâmetro

transversal, conforme os critérios estabelecidos pela CEAGESP, (2001). Os bulbos foram distribuídos em cinco classes: Classe 1 (Refugo), composta por bulbos com diâmetro inferior a 35 mm e bulbos duplos; Classe 2, de 35 a 50 mm; Classe 3, de 50 a 70 mm; Classe 4, de 70 a 90 mm; e Classe 5, superior a 90 mm. As proporções de bulbos em cada classe foram expressas como percentual do total de bulbos obtidos por unidade experimental.

3.5. Análises estatísticas

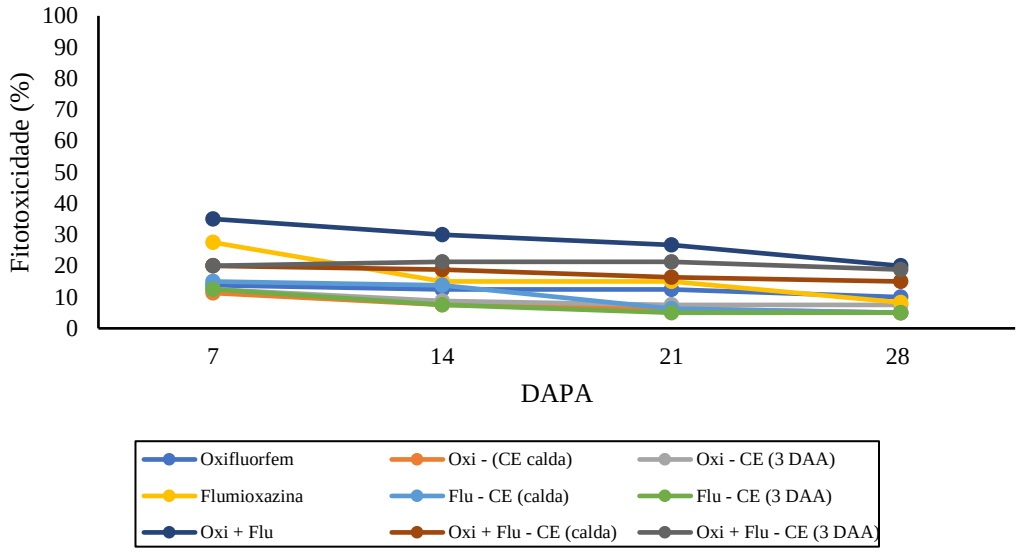
Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). Previamente, a normalidade dos dados e resíduos foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Quando constatados efeitos significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Fitotoxicidade dos herbicidas

No que se refere à fitotoxicidade visual, de maneira geral, os maiores níveis de fitotoxicidade foram observados nos primeiros dias após a primeira aplicação dos tratamentos, com redução progressiva dos sintomas ao longo do tempo, indicando uma tendência de recuperação fisiológica da cultura (Figura 4).

Figura 4 - Fitotoxicidade visual (%) em cebola aos 7, 14, 21 e 28 dias após a primeira aplicação (DAPA) de herbicidas com diferentes épocas de aplicação do fertilizante foliar Crop Evo®.



A aplicação da combinação oxifluorfem + flumioxazina causou os maiores níveis de fitotoxicidade em todas as avaliações nas plantas de cebola, especialmente na ausência do fertilizante foliar organomineral, com destaque para os 7 DAPA, quando foi registrado 35% de dano visual (Figura 4). Os sintomas observados incluíram clorose e necrose nas extremidades foliares, além de dobramento da porção apical das folhas. Esse resultado pode ser atribuído a interações químicas adversas entre os herbicidas, capazes de intensificar os efeitos fitotóxicos e, consequentemente, agravar os danos foliares na cultura da cebola (Herrmann *et al.*, 2017).

Em contraste, a aplicação isolada de oxifluorfem resultou em menor incidência de lesões visuais nas plantas em todos os períodos avaliados, inclusive na ausência do fertilizante foliar organomineral, com níveis de fitotoxicidade inferiores a 15% (Figura 4). Esses resultados são corroborados por Herrmann *et al*. (2017), que ralataram níveis mais baixos de fitotoxicidade em cebolas em semeadura direta tratadas com oxifluorfem (até 25%) em comparação ao uso isolado de flumioxazina (até 33%) e à combinação de flumioxazina aliado a outros herbicidas (de 70 a 80%).

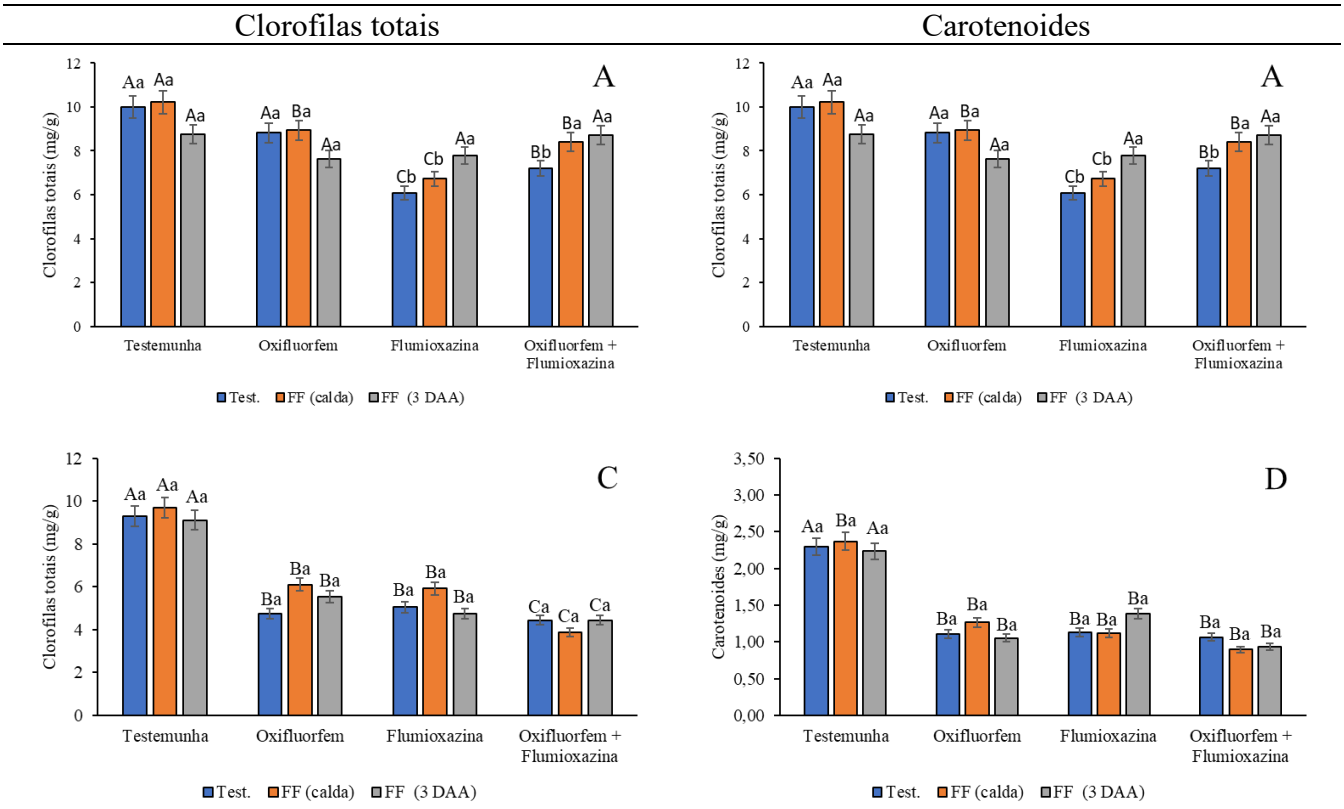
Os tratamentos com flumioxazina causaram injúrias mais acentuadas em comparação ao uso de oxifluorfem, principalmente aos 7 DAPA (27,5%), apresentando clorose nas extremidades

das folhas e em seguida necrose (Figura 4). No entanto, observou-se recuperação dos sintomas com o passar do tempo, com sintomas leves aos 28 DAPA. A recuperação dos sintomas da flumioxazina também foi relatada nos estudos de Durigan *et al*. (2005) e Melo *et al*. *(2019)*, sendo que este último sugere que tal resposta está relacionada à baixa ou inexistente translocação do herbicida na planta, uma vez que atua como produto de contato. Dessa forma, as folhas emitidas após a aplicação permaneceram livres de sintomas.

Quanto ao uso de fertilizante foliar notou-se menor nível de fitotoxicidade, sobretudo aos aplicados junto com o fertilizante foliar organomineral, sugerindo uma atenuação do efeito fitotóxico dos herbicidas ao longo do tempo (Figura 4). Tal resultado pode ser atribuído ao fato de que fertilizantes foliares são substâncias destinadas a melhorar a eficiência nutricional das plantas e a aumentar sua tolerância a estresses abióticos (Du Jardin, 2015), como também auxiliar na redução do tempo de recuperação das culturas após a exposição a agentes fitotóxicos (Dranca *et al.*, 2018).

4.2. clorofilas e carotenoides

Os teores de clorofilas totais e carotenoides em folhas de cebola apresentaram diferenças em função dos herbicidas aplicados e das épocas de aplicação do fertilizante foliar organomineral para clorofilas aos 30 dias após a semeadura (Figura 5A).



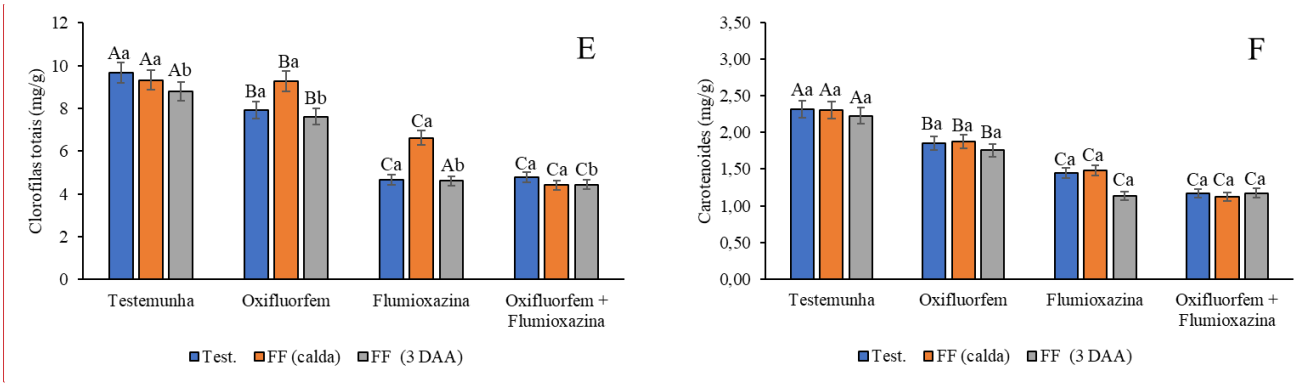


Figura 5 - Teor de clorofilas totais (mg.g^{-1}) (A, C, E) e carotenoides (B, D, F) em folhas de cebola em função da aplicação de herbicidas e diferentes épocas de aplicação do fertilizante foliar organomineral, avaliados aos 30 (A, B), 60 (C, D) e 90 dias após a semeadura (E, F). CV = 10,52%. Junto na calda - FF (calda) e três dias após a aplicação de herbicida - FF (3 DAA). Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula entre os herbicidas e minúscula entre as épocas de aplicação do Crop Evo®, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Aos 30 dias após o plantio, todos os herbicidas exerceram influência negativa nos teores de clorofilas totais em comparação com a testemunha, em especial, os tratamentos flumioxazina e sua mistura com oxifluorfem (Figura 5A). Essa redução pode ser atribuída ao fato de os herbicidas utilizados serem inibidores da protoporfirinogênio oxidase (Protox), o que impacta diretamente a via de síntese da clorofila e, consequentemente, a fotossíntese(Bhasker; Gupta; Borade, 2024). A testemunha (9,6 mg.g^{-1}) e o oxifluorfem (8,5 mg.g^{-1}) apresentaram os maiores teores de clorofilas totais, significativamente superiores à mistura oxifluorfem + flumioxazina (8,1 mg.g^{-1}) e à flumioxazina isolada (cerca de 7 mg.g^{-1}), que teve o menor teor (Figura 5A). Um comportamento semelhante foi observado para os níveis de carotenoides (Figura 5B), onde todos os tratamentos com herbicidas resultaram em menores teores de carotenoides, sendo significativamente inferiores à testemunha (acima de 2,5 mg.g^{-1}). Os teores de carotenoides nas plantas tratadas com herbicidas variaram de 1,6 a 2,0 mg.g^{-1}, sem diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos com herbicidas. Resultados semelhantes foram observados por Bhasker *et al*. (2024), que relataram redução nos teores de pigmentos fotossintéticos em cebola após aplicação de oxifluorfem, destacando sua ação como inibidor da enzima PROTOX, que causa acúmulo de porfirinas fototóxicas e dano oxidativo em tecidos vegetais.

Dentro dos tratamentos com herbicidas, a aplicação do fertilizante foliar na calda resultou em teores de clorofilas totais semelhantes para os tratamentos da testemunha, oxifluorfem e oxifluorfem + flumioxazina. No entanto, para o tratamento com flumioxazina, o uso do fertilizante foliar três dias após a aplicação do herbicida apresentou um teor de clorofilas totais maior (7,78 mg.g^{-1}) quando comparado ao produto junto na calda (6,73 mg.g^{-1}) (Figura 5A). Para os carotenoides, as diferentes épocas de aplicação do fertilizante foliar não influenciaram nos teores de carotenoides dentro dos tratamentos herbicidas.

Aos 60 dias após o plantio, observou-se uma redução geral nos teores de clorofilas totais e

carotenoides nos tratamentos com herbicidas (Figura 5C e Figura 5D). Destacou-se o tratamento com a associação de oxifluorfem + flumioxazina, que apresentou os menores teores de clorofilas totais, com redução de aproximadamente 55% em relação à testemunha (Figura 5C), e de carotenoides, com diminuição de cerca de 58% (Figura 5D). Esses resultados foram estatisticamente inferiores aos demais tratamentos, refletindo o maior potencial fitotóxico da combinação desses princípios ativos. A época de aplicação do fertilizante foliar não influenciou significativamente os teores de clorofilas totais nem de carotenoides.

A redução mais acentuada desses pigmentos aos 60 dias após o plantio pode ser atribuída ao fato de esse período corresponder ao intervalo imediatamente posterior à aplicação dos tratamentos (entre 29 e 57 dias após o plantio), o que resultou em efeitos mais severos de fitotoxicidade e, consequentemente, no comprometimento da síntese de pigmentos fotossintéticos.

Herbicidas que inibem a protoporfirinogênio IX oxidase provocam o acúmulo de protoporfirinogênio IX nos cloroplastos, que migra para o citosol e, ao ser oxidado, forma oxigênio singlete. Essa espécie reativa desencadeia peroxidação lipídica, levando à degradação de clorofila e carotenoides e ao rompimento das membranas celulares (Oliveira Jr.; Inoue, 2011).

Aos 90 dias, a presença dos herbicidas continuou a causar uma redução significativa nos teores de clorofilas totais e carotenoides em comparação com a testemunha, indicando um impacto negativo persistente na síntese de pigmentos fotossintéticos (Figura 5E e Figura 5F). No entanto, neste estágio, observa-se uma tendência de recuperação dos pigmentos, especialmente no tratamento com oxifluorfem, que apresentou teores de 8,05 $mg.g^{-1}$ de clorofilas totais e 1,82 $mg.g^{-1}$ de carotenoides. Estes valores se aproximaram dos níveis da testemunha, que apresentou 9,27 $mg.g^{-1}$ para clorofilas totais e 2,28 $mg.g^{-1}$ para carotenoides. A aplicação do fertilizante foliar junto a calda influenciou positivamente os teores de clorofilas totais no tratamentos oxifluorfem e flumioxazina isolados, sendo estatisticamente superior a época de três dias após a aplicação. Para carotenoides, não houve influência da época de aplicação do fertilizante foliar nos diferentes tratamentos avaliados.

4.3. Produtividade

A análise de variância para a produtividade total da cultura da cebola demonstrou existir efeito significativo para os fatores fertilizante foliar (FF) e herbicidas (H), indicando que tanto as diferentes épocas de aplicação do fertilizante quanto os herbicidas utilizados influenciaram na produtividade total. Por outro lado, a interação entre o fertilizante foliar e herbicidas não foi estatisticamente significativa, o que sugere que os efeitos dos tratamentos com o fertilizante foliar e os herbicidas ocorressem de forma independente, sem influência mútua relevante sobre a variável produtividade total (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise de variância para produtividade total da cultura da cebola em função do Crop evo®, herbicida e suas interações.

FV	GL	QM	Fc	Pr > Fc	Significância
Bloco	3	401,03	17.840	0,169387	ns
Fertilizante foliar (FF)	2	1758,05	78.209	0,001659	*
Herbicidas (H)	3	1287,53	57.278	0,002861	*
FF × H	6	276,75	12.311	0,315762	ns
Resíduo	33	224,79	—	—	—
Total	47	—	—	—	—
CV (%)					14,21

ns: não significativo; *: $p \leq 0,05$ pelo teste F.

A produtividade é um coeficiente de rendimento muito importante para avaliar os resultados da cultura. A aplicação dos diferentes tratamentos com herbicidas influenciou significativamente a produtividade total da cultura da cebola (Figura 6).

Com relação aos tratamentos com herbicidas, observou-se que o oxifluorfem apresentou produtividade (111,40 t.ha^{-1}), semelhante a testemunha (126,51 t.ha^{-1}) (Figura 6).

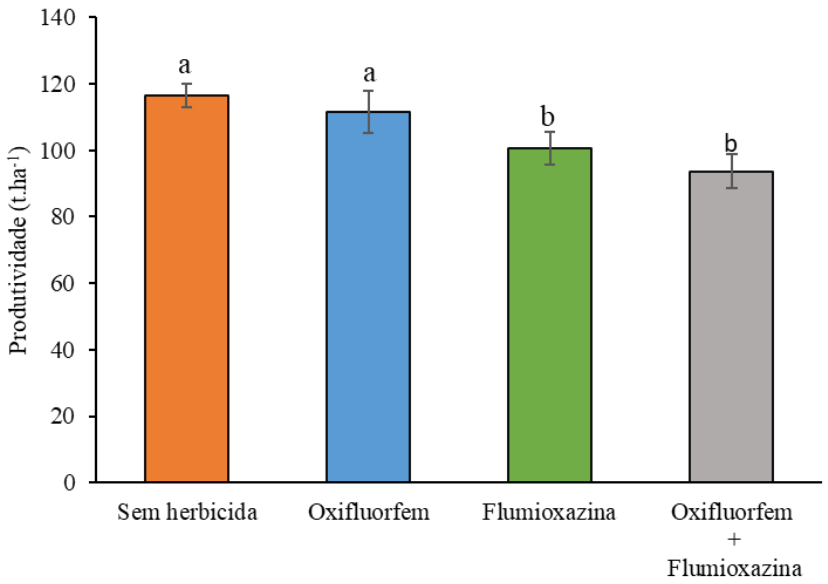


Figura 6 - Produtividade total da cultura da cebola (t.ha^{-1}), em função da aplicação de herbicidas. As barras representam as médias ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os maiores valores de produtividade do oxifluorfem pode ser atribuído a menor fitotoxicidade observada por esse herbicida em relação aos demais (Figura 4). Níveis mais baixos de injúria por herbicidas estão positivamente correlacionados com maiores produtividades, justamente porque o potencial fisiológico da planta permanece preservado (Silva, J. D. G. da *et al.*, 2021). Ruiz-vargas *et al*. (2007) ao avaliar diferentes épocas de aplicação de oxifluorfem, halosulfuron-metil e a combinação de ambos os herbicidas no controle de plantas daninhas e na produtividade da cultura da cebola, observou que plantas tratadas com oxifluorfem apresentaram menor fitotoxidade e maior produtividade, especialmente quando o herbicida foi aplicado aos 10

dias após a emergência da cultura.

Por outro lado, os tratamentos com flumioxazina isolada e oxifluorfem + flumioxazina resultaram em produtividades menores, com valores de 100,49 e 93,63 t.ha^{-1}, respectivamente. Esses resultados estão em concordância com estudos anteriores que destacam o impacto do herbicidas flumioxazina e sua mistura com outros ingredientes ativos na produtividade da cebola. Gomes (2022), avaliou a seletividade de herbicidas em pós-emergência na cultura da cebola e observou que a flumioxazina isolada e sua mistura com Pendimentalina promoveram injúrias moderadas, resultando em menor produtividade, quando comparado ao herbicida oxifluorfem aplicado de forma isolada.

Para os tratamentos que receberam a aplicação do fertilizante foliar, observa-se que, tanto junto à calda quanto três dias após a aplicação do herbicida, apresentaram produtividade estatisticamente superiores à testemunha (Figura 7), com acréscimos de 21,45% (113,86 t.ha^{-1}) e 16,17% (108,91 t.ha^{-1}), respectivamente. A testemunha apresentou rendimento total de 93,74 t.ha^{-1}.

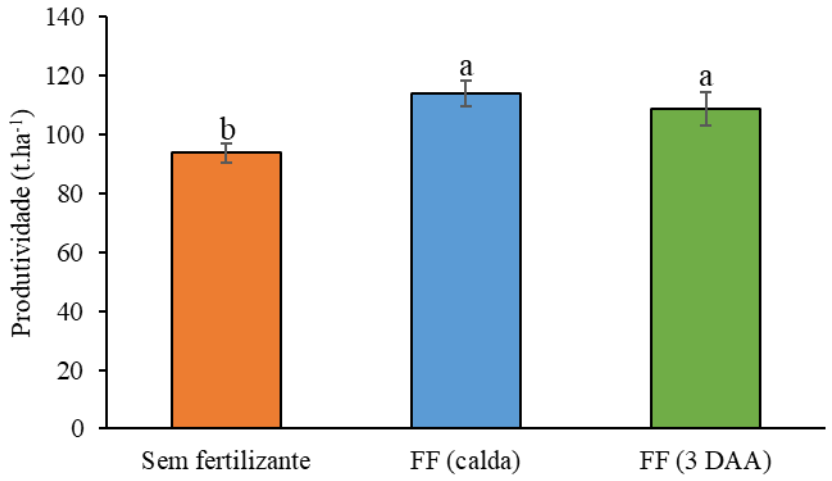


Figura 7 - Produtividade total da cultura da cebola (t.ha^{-1}) em função da aplicação de fertilizante foliar organomineral. Junto na calda - FF (calda) e três dias após a aplicação de herbicida - FF (3 DAA). As barras representam as médias ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, conforme análise de variância seguida do teste de comparação múltipla de Tukey ($p < 0,05$).

A aplicação do fertilizante foliar resultou em aumento da produtividade da cebola, demonstrando o potencial do produto em reduzir efeitos negativos do uso de herbicidas, bem como atuar no aumento de rendimento da cebola. Resultados semelhantes foram relatados por Birari *et al*. (2023), que ao utilizar fertilizante foliar a base de boro e zinco na cultura da cebola, relataram maior altura de planta, número de folhas, diâmetro transversal e produtividade. Da mesma forma, Khalil *et al*. (2008) observaram benefícios expressivos na produtividade e qualidade de bulbos de cebola em resposta à aplicação de fertilizantes foliares à base de aminoácidos, atribuindo esses resultados a múltiplos efeitos relacionados à aplicação foliar, tais como a rápida absorção e

transporte sistêmico de nutrientes pela parte aérea da planta, a rápida metabolização com a formação de substâncias biologicamente ativas, como clorofila e reguladores do crescimento vegetal, além do aprimoramento no transporte e na utilização de micronutrientes, entre outros fatores.

4.4. Classificação de bulbos

Assim como a produtividade, a classificação dos bulbos, segundo a classe de tamanho, é outro indicador importante da qualidade de produção (Baier *et al.*, 2009). De modo geral, para a média da classificação de bulbos, ocorreu predominânica de bulbos de cebola das classes 3 e 4 em todos os tratamentos avaliados (Figura 8).

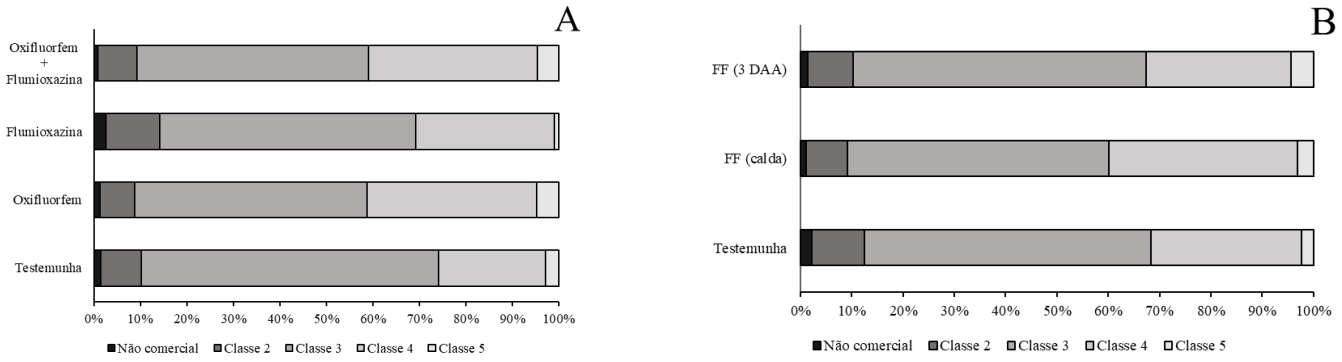


Figura 8 - Classificação percentual de bulbos de cebola em função da aplicação de herbicidas (A) e de diferentes tempos de aplicação de fertilizante foliar organomineral (B). Junto na calda - FF (calda) e três dias após a aplicação de herbicida - FF (3 DAA).

Para os diferentes herbicidas (Figura 8A), observou-se predominância da classe 3 na ausência de herbicida, com 64% dos bulbos, enquanto os tratamentos com oxifluorfem e o oxifluorfem + flumioxazina resultaram em maior frequência de bulbos na classe 4, com 36% dos bulbos alocados nessa classe. No que se refere à classe não comercial, o tratamento com flumioxazina apresentou o maior percentual, com mais de 2,5% dos bulbos classificados como fora do padrão comercial.

Para as diferentes épocas de aplicação do fertilizante foliar, verificou-se que seu uso três dias após a aplicação de herbicida promoveu maior quantidade de bulbos na classe 3 (57%), enquanto seu uso junto a calda se destacou na classe 4, com 37% dos bulbos agrupados nessa classe (Figura 8B). Resultado similar foram observados por Santos *et al*. (2018) que relataram aumento na classificação de diâmetro de bulbos de cebola nas classes 3 e 4, com a utilização do fertilizante foliar liqui-plex unix®.

Os resultados obtidos demonstram que a utilização do fertilizante foliar apresenta potencial para atenuar os efeitos fitotóxicos causados por herbicidas e contribuir para o aumento da produtividade e qualidade dos bulbos de cebola. Essa tecnologia se mostra promissora para sistemas de semeadura direta, oferecendo uma alternativa viável aos produtores.

Entretanto, os efeitos observados variaram conforme o herbicida e a época de aplicação, o que indica a necessidade de mais estudos para ajustar o uso do produto em diferentes condições. Futuros trabalhos devem explorar outras doses, épocas e combinações de fertilizantes foliares visando fortalecer as recomendações técnicas e ampliar a adoção da tecnologia a campo.

Considerando que a cebola é uma cultura altamente sensível à ação de herbicidas, principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento, os resultados obtidos neste estudo são de importante relevância. Eles indicam estratégias que podem contribuir para a mitigação do estresse causado por esses produtos, principalmente por moléculas com maior potencial fitotóxico, como é o caso da Flumioxazina. Além disso, estudos dessa natureza ampliam as possibilidades de uso seguro de herbicidas na cultura, o que é fundamental diante da escassez de moléculas atualmente registradas para o seu manejo, aumentando, assim, o leque de ferramentas químicas disponíveis para o controle eficaz de plantas daninhas.

5. CONCLUSÕES

O uso do fertilizante foliar organomineral mitigou os efeitos fitotóxicos dos herbicidas aplicados em pós-emergência na cebola em semeadura direta, como também contribuiu no aumento de produtividade.

O herbicida oxifluorfem apresentou maior seletividade à cultura da cebola em semeadura direta, enquanto a flumioxazina, isolada e principalmente em mistura com oxifluorfem, intensificou os sintomas de fitotoxicidade e reduziram a produtividade da cebola.

REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. 2025. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 16 maio 2025.

ALISTER, C. A.; GOMEZ, P. A.; ROJAS, S.; KOGAN, M. Pendimethalin and oxyfluorfen degradation under two irrigation conditions over four years application. **Journal of Environmental Science and Health Part B**, v. 44, n. 4, p. 337–343, 2009. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/03601230902800986. Acesso em: 22 maio 2025.

ALISTER, C.; ROJAS, S.; GÓMEZ, P.; KOGAN, M. Dissipation and movement of flumioxazin in soil at four field sites in Chile. **Pest Management Science**, v. 64, n. 5, p. 579–583, 2008. Disponível em: /doi/pdf/10.1002/ps.1533. Acesso em: 19 maio 2025.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. v. 298

ALMEIDA, F. S. de; RODRIGUES, B. N. **Guia de herbicidas. Contribuicao para o uso adequado em plantio direto e convencional.** 6th. ed. Londrina, Brasil: Autores, 2011. Disponível em: Acesso em: 19 maio 2025.

ALVARES, C.; STAPE, J.; SENTELHAS, P.; GONÇALVES, J.; SPAROVEK, G. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 6, p. 711–728, 2013.

BAIER, J. E.; DE RESENDE, J. T. V.; GALVÃO, A. G.; BATTISTELLI, G. M.; MACHADO, M. M.; FARIA, M. V. Produtividade e rendimento comercial de bulbos de cebola em função da densidade de cultivo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 496–501, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cagro/a/Dn6PcFshttVzz6JyPvV5MvB/. Acesso em: 13 maio 2025.

BANDEIRA, G. R. L.; DE QUEIROZ, S. O. P.; ARAGÃO, C. A.; COSTA, N. D.; SANTOS, C. A. F. Desempenho agronômico de cultivares de cebola sob diferentes manejos de irrigação no submédio São Francisco. **IRRIGA**, v. 18, n. 1, p. 73–84, 2013. Disponível em: https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/339. Acesso em: 16 maio 2025.

BHASKER, P.; GUPTA, P. K.; BORADE, S. S. Herbicides for weed management in onion and analysis of herbicide residues using liquid chromatography tandem mass spectrometry. **Indian Journal of Weed Science**, v. 56, n. 2, p. 176–185, 2024.

BHASKER, P.; GUPTA, P. K.; SINGH, S.; TIWARI, C. Evaluation of chemical and non-chemical weed control methods in onion: An integrated weed management approach. **Vegetable Science**, v. 51, n. 02, 2024. Disponível em: Acesso em: 7 jul. 2025.

BIRARI, T. R.; PATIL, Shubhangi; BADGUJAR, H.; PATIL, Sanjiv. Effect of micronutrients on growth, yield and quality of onion (Allium cepa L) cv Phule Samarth. **International Journal of Farm Sciences**, v. 13, n. 1, p. 37–40, 2023. Disponível em: https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijfs&volume=13&issue=1&article=008. Acesso em: 30 maio 2025.

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. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0261219495001271. Acesso em: 12 maio 2025.

BRANKOV, M.; DRAGICEVIC, V.; SIMIC, M.; FILIPOVIC, M.; KRESOVIC, M.; MANDIC, V. DIMINISHING HERBICIDE STRESS IN MAIZE INBRED LINES BY APPLICATION OF FOLIAR FERTILISER. **Journal of Environmental Protection and Ecology**, v. 18, n. 4, p. 1440–1449, 2017. Disponível em: Acesso em: 13 jul. 2025.

BREWSTER, J. L. **Cebolas e outros alhos vegetais**. : CABI, 2008. v. 15

CAVALIERI, S. D. **Portal Embrapa**. 2022. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cebola/producao/plantas-daninhas. Acesso em: 14 maio 2025.

CEAGESP. **Companhia de entrepostos e armazéns gerais do estado de São Paulo**. São Paulo: Programa brasileiro para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros, 2001.

CHAGAS, L. A.; ABRÃO, L. A.; MOREIRA, L. M.; MIGUEL, T.; DOUTOR, J.; AGRONOMIA, E.; RIBASKI, N. G. 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, 2022. Disponível em: https://revista.faciencia.com.br/index.php/rcs/article/view/56. Acesso em: 25 maio 2025.

COSTA, N. D.; GERALDO MILANEZ DE RESENDE. Cultivo da cebola no Nordeste. **Embrapa semiárido**, 2007.

COSTA, N. D.; PINTO, J. M.; SANTOS, C. A. F.; SANTOS, G. M.; SANTOS, C. R. dos; BANDEIRA, G. R. L. Comparação de métodos de irrigação em cebola no vale do São Francisco. **Horticultura brasileira**, v. 22, 2004.

DAYAN, F. E.; DUKE, S. O. Protoporphyrinogen Oxidase-Inhibiting Herbicides. **Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology, Third Edition: Volume 1**, v. 1, p. 1733–1751, 2010. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780123743671000811. Acesso em: 19 maio 2025.

DHANANIVETHA, M.; AMNULLAH, M. M.; ARTHANARI, P. M.; MARIAPPAN, S. Weed management in onion: A review. **Agricultural Reviews**, n. OF, 2017.

DOGLIOTTI, S.; COLNAGO, P.; GALVÁN, G.; ALDABE, L. Bases Fisiológicas del crecimiento y desarrollo de los principales cultivos hortícolas Tomate (Lycopersicum sculentum), Papa (Solanun tuberosum) y Cebolla (Allium cepa). Montevidéu, Uruguai, p. 1–85, 2011. Disponível em: Acesso em: 9 maio 2025.

DRANCA, C. A.; HELVIG, E. O.; MACIEL, C. D. de G.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D. Associações de herbicidas com fertilizante foliar e regulador vegetal em soja. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science/Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 11(3), 2018.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 3–14, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301850. Acesso em: 15 maio 2025.

DUKE, S. O.; LYDON, J.; BECERRIL, J. M.; SHERMAN, T. D.; JR., L. P. L.; MATSUMOTO, H. Protoporphyrinogen Oxidase-Inhibiting Herbicides. **Weed Science**, v. 39, n. 3, p. 465–473,

1991. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/protoporphyrinogen-oxidaseinhibiting-herbicides/EA61A73DF21E53C6A510145D9FB43F7E. Acesso em: 21 maio 2025.

DURIGAN, J. C.; SILVA, M. R. M.; AZANIA, A. A. P. M. Eficácia e seletividade do herbicida flumioxazin aplicado em pré-emergência na cultura transplantada da cebola. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 4, n. 3, p. 11–17, 2005. Disponível em: https://rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/33. Acesso em: 26 maio 2025.

ELDIN, N.; ABDALLA, K.; GABBAR, A.; BABIKER, T. Herbicidal efficacy and selectivity of pendimethalin, oxadiazon and their tank mixtures to direct seeded onion. **Shendi University Journal of Applied Science**, v. 2018, n. 1, p. 28–37, 2018. Disponível em: http://repository.ush.edu.sd:8080/xmlui/handle/123456789/529. Acesso em: 25 jun. 2025.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. *In*: CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. Brasília: Embrapa, 2021.

FAOSTAT. **FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2025. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/. Acesso em: 9 maio 2025.

FAUSEY, J. C.; PENNER, D.; RENNER, K. A. Physiological basis for CGA-248757 and flumiclorac selectivity in five plant species. **Weed Science**, v. 48, n. 4, p. 405–411, 2000. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/physiological-basis-for-cga248757-and-flumiclorac-selectivity-in-five-plant-species/770FE0AE442E830BC25339391D5E8A7C. Acesso em: 1 ago. 2025.

FERNÁNDEZ, V.; EICHERT, T. Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 28 (1-2), p. 36–68, 2009.

FERREIRA, L. R.; DURIGAN, J. C.; CHURATA-MASCA, M. G. C.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A. Seletividade e eficácia da aplicação sequencial de oxyfluorfen e de ioxynil-octanoato, em semeadura direta de cebola. **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 39–50, 2000. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pd/a/SwJQ8VkLwccd8v6FwtcDTdy/?lang=pt. Acesso em: 16 maio 2025.

FERRELL, J. A.; VENCILL, W. K.; XIA, K.; GREY, T. L. Sorption and desorption of flumioxazin to soil, clay minerals and ion-exchange resin. **Pest Management Science**, v. 61, n. 1, p. 40–46, 2005. Disponível em: /doi/pdf/10.1002/ps.956. Acesso em: 19 maio 2025.

FMC - AGRICOLA. **FMC Química do Brasil Ltda**. 2025. Disponível em: https://www.fmcagricola.com.br/. Acesso em: 31 maio 2025.

GALINDO, F. S.; FILHO, M. C. M. T.; BUZETTI, S.; ALVES, C. J.; GARCIA, C. M. de P.; NOGUEIRA, L. M. Extrato de algas como bioestimulante na nutrição e produtividade do trigo irrigado na região de Cerrado. **COLLOQUIUM AGRARIAE**, v. 15, n. 1, p. 130–140, 2019.

GALON, L.; FORTE, C. T.; REICHERT, F. W.; TREVISOL, R.; PERIN, G. F. Competitive interaction between commom black bean cultivars and *Euphorbia heterophylla* [1]. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 3, p. 254–260, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pat/a/D7c9KGm7LwHKDWR3xhjYwGy/?format=html&lang=en. Acesso em: 9 maio 2025.

GOMES, C. A. Seletividade de herbicidas em pós-emergência na cebola. Rio Paranaíba - MG,

2022. Disponível em: https://locus.ufv.br//handle/123456789/30347. Acesso em: 13 maio 2025.

GRANGEIRO, L. C.; SOUZA, J. de O.; AROUCHA, E. M. M.; NUNES, G. H. de S.; SANTOS, G. M. Características qualitativas de genótipos de cebola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1087–1091, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cagro/a/3vBmctnBWGyWv335m4bzDMw/. Acesso em: 16 maio 2025.

HAYTA, S.; POLAT, R.; SELVI, S. Traditional uses of medicinal plants in Elazığ (Turkey). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 154, n. 3, p. 613–623, 2014. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874114003146. Acesso em: 9 maio 2025.

HEMBROM, P.; HORO, P.; BARLA, S.; HEMBROM, R. Effect of weed control methods on weeds, onion growth and yield. **Indian Journal of Weed Science**, v. 55, n. 1, p. 111–114, 2023. Disponível em: https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijws&volume=55&issue=1&article=020. Acesso em: 6 jul. 2025.

HERRMANN, C. M.; GOLL, M. A.; PHILLIPPO, C. J.; ZANDSTRA, B. H. Postemergence Weed Control in Onion with Bentazon, Flumioxazin, and Oxyfluorfen. **Weed Technology**, v. 31, n. 2, p. 279–290, 2017. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/postemergence-weed-control-in-onion-with-bentazon-flumioxazin-and-oxyfluorfen/C71CFAFBD8E6148E30EDFA611313A3BA. Acesso em: 3 jun. 2025.

HODOȘAN, C.; NISTOR, L.; POȘAN, P.; BĂRBUICĂ, S. I.; IANIŢCHI, D.; LUŢĂ, G.; SZILAGYI, L. Pilot Study on a Liquid Mineral Foliar Fertilizer Mixed with Herbicides for Maize Protection and Nutrition. **Agriculture 2024, Vol. 14, Page 2129**, v. 14, n. 12, p. 2129, 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/2077-0472/14/12/2129/htm. Acesso em: 31 maio 2025.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. 2025. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457. Acesso em: 14 maio 2025.

JANGRE, N.; OMESH, T.; GUPTA, C. R.; PANDEY, P. Review on Pre and Post Emergence Herbicides against Weeds, Yield Attributes and Yield of Onion. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 04, p. 1222–1230, 2018. Disponível em: Acesso em: 25 jun. 2025.

JARADAT, N. A.; AYESH, O. I.; ANDERSON, C. Ethnopharmacological survey about medicinal plants utilized by herbalists and traditional practitioner healers for treatments of diarrhea in the West Bank/Palestine. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 182, p. 57–66, 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874116300563. Acesso em: 9 maio 2025.

JAREMTCHUK, C. C.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; ALONSO, D. G.; ARANTES, J. G. Z.; BIFFE, D. F.; ROSO, A. C.; CAVALIERI, S. D. Efeito residual de flumioxazin sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 191–196, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pd/a/qZCW9ZXSrYDbncVnfyPQsFt/?lang=pt&format=html. Acesso em: 21 maio 2025.

KAUR, R.; BANA, R. S.; SINGH, T.; MEENA, S. L.; RAJ, R.; DASS, A.; GOVINDASAMY, P.; GILL, J. S.; KUMAR, Sunil; SEN, S.; KUMAR, Shital; CHOUDHARY, A. K.; DAS, T. K. 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, 2023. Disponível em: Acesso em: 6 jul. 2025.

KHALIL, A. A.; OSMAN, E. A. M.; ZAHRAN, F. A. F. Effect of amino acids and micronutrients foliar application on onion growth, yild and its components and chemical chracteristics. **Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering**, v. 33.4, p. 3143–3150, 2008.

KHAN, H.; KHAN, B.; GUL, B.; SALJOQI, A. U. R.; USLU, Ö. S.; SHINWARI, L. Evaluation of Various Weed Control Techniques in Transplanted Onions Under Agro-Climatic Conditions of Peshawar—Pakistan. **Gesunde Pflanzen**, v. 75, n. 5, p. 1561–1567, 2023. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10343-023-00856-x. Acesso em: 7 jul. 2025.

KHAN, M. A.; SARKER, R.; RAHMAN, M. M. Efficacy of Oxyfluorfen Herbicide on the Weed Control, Yield and Profitability of Onion (Al-lium cepa l.). **Program Leader**, p. 262, 2022.

KILINC, Ö.; REYNAUD, S.; PEREZ, L.; TISSUT, M.; RAVANEL, P. Physiological and biochemical modes of action of the diphenylether aclonifen. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 93, n. 2, p. 65–71, 2009. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048357508001351?casa_token=Z_aDIw7SGPQAAAAA:J9ZvjvSLj6NMKZq3DOXlSf5kcQCxTu6p4LXas-cb_j5xAticVlB42_1LaivUmdGCi0E7qy79qg. Acesso em: 19 maio 2025.

KURTZ, C.; JÚNIOR, F. O. G. de M.; HIGASHIKAWA, F. S. **FERTILIDADE DO SOLO, ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DA CULTURA DA CEBOLA**. Primeiraed. Florianópolis: [*s. n.*], 2018-. ISSN 0100-7416.

LEWIS, K. A.; TZILIVAKIS, J.; WARNER, D. J.; GREEN, A. An international database for pesticide risk assessments and management. **Human and Ecological Risk Assessment**, v. 22, n. 4, p. 1050–1064, 2016. Disponível em: Acesso em: 19 maio 2025.

MACIEL, C. D. de G. Métodos de controle de plantas daninhas. *In*: MONQUERO, P. A. (org.). **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos – SP: RiMa, 2014. v. 1, p. 129–144.

MATRINGE, M.; CAMADRO, J. M.; LABBE, P.; SCALLA, R. Protoporphyrinogen oxidase as a molecular target for diphenyl ether herbicides. **Biochemical Journal**, v. 260, n. 1, p. 231–235, 1989. Disponível em: /biochemj/article/260/1/231/24209/Protoporphyrinogen-oxidase-as-a-molecular-target. Acesso em: 19 maio 2025.

MATSUMOTO, H. Inhibitors of Protoporphyrinogen Oxidase: A Brief Update. **Herbicide Classes in Development**, p. 151–161, 2002. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-59416-8_8. Acesso em: 19 maio 2025.

MELO, C. A. D.; REIS, M. R. Dos; BARBOSA, A. R.; DIAS, R. de C.; SILVA, G. S. Da. Effectiveness of reduced doses of flumioxazin herbicide at weed control in direct sow onions. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 13, n. 1, p. 71–80, 2019. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21732019000100071&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 8 jul. 2025.

MENGES, R. M.; TAMEZ, S. Response of Onion (Allium cepa) to Annual Weeds and Postemergence Herbicides. **Weed Science**, v. 29, n. 1, p. 74–79, 1981. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/response-of-onion-allium-

cepa-to-annual-weeds-and-postemergence-herbicides/9C4D7A9F15F10E820B13DC2F33FD9818. Acesso em: 12 maio 2025.

MONQUERO, P. A.; CURY, J. C.; CHISTOFFOLETI, P. J. Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de Commelina benghalensis, Ipomoea hederifolia, Richardia brasiliensis e Galinsoga parviflora. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 123–132, 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pd/a/6TsSvJNcqQzWzQrkVsFSTnS/?lang=pt&format=html. Acesso em: 2 ago. 2025.

MURTAZA, D. F.; ROȘCULETE, E.; ROȘCULETE, C. A.; PĂUNESCU, G. Foliar fertilization - An integral part of complex and integrated fertilizations - Review. **"Annals of the University of Craiova - Agriculture Montanology Cadastre Series "**, v. 52, n. 2, p. 100–107, 2023. Disponível em: Acesso em: 31 maio 2025.

NIU, J.; LIU, C.; HUANG, M.; LIU, K.; YAN, D. Effects of Foliar Fertilization: a Review of Current Status and Future Perspectives. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition 2020 21:1**, v. 21, n. 1, p. 104–118, 2020. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-020-00346-3. Acesso em: 31 maio 2025.

OLIVEIRA, M. G.; DIAS, R. C.; AUGUSTA, C.; MELO, D.; MENDES, K. F.; SILVA, P. V.; SILVA, D. V.; REIS, M. R. 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. Disponível em: https://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/585. Acesso em: 25 maio 2025.

OLIVEIRA JR., R. S.; INOUE, M. H. Mecanismos de Ação de Herbicidas. **Biologia e Manejo de plantas Daninhas**, p. 141–191, 2011. Disponível em: Acesso em: 16 maio 2025.

ORSI, B.; PRECZENHAK, A. P.; MORAIS, M. de J. **Aminoácidos ajudam na recuperação da cebola**. 2023. Disponível em: https://campoenegocios.com/aminoacidos-ajudam-na-recuperacao-da-cebola/. Acesso em: 1 ago. 2025.

PRIYA, R. S.; CHINNUSAMY, C.; ARTHANARI, P. M.; HARIHARASUDHAN, V. A Review on Weed Management in Onion under Indian Tropical Conditions. **Chemical Science Review and Letter**, v. 6 (22), p. 923–932, 2017.

RESENDE, G. M.; ASSIS, R. P; SOUZA, R. J; ARAÚJO, J. C. Importância econômica. *In*: SOUZA, Rovilson José de; ASSIS, Rodrigo Pereira de; ARAÚJO, Júlio César de (org.). **Cultura da cebola: tecnologias de produção e comercialização**. Lavras: UFLA, 2015. p. 21–29.

ROLDÁN, E.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; DE ANCOS, B.; CANO, M. P. Characterisation of onion (Allium cepa L.) by-products as food ingredients with antioxidant and antibrowning properties. **Food Chemistry**, v. 108, n. 3, p. 907–916, 2008. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26065752/. Acesso em: 14 maio 2025.

ROMAN, E. S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M. A.; WOLF, T. M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Berthier, 2007.

RUIZ-VARGAS, C. J.; ROMÁN-PAOLI, E.; DE LUGO, M. L.; SEMIDEY, N. Application timing of oxyfluorfen and halosufuron-methyl in onion (Allium cepa L.). **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 91, n. 3–4, p. 149–160, 2007. Disponível em: https://revistas.upr.edu/index.php/jaupr/article/view/3282. Acesso em: 2 jun. 2025.

SAHOO, S. K.; CHAKRAVORTY, S.; SOREN, L.; MISHRA, C.; SAHOO, B. B. Effect of weed management on growth and yield of onion (Allium cepa L.). **Journal of Crop and Weed**, p. 208–211, 2017.

SANTOS, C. J. J. A. S. Evolução da qualidade de cebola armazenada, variedades "Pandero" e "Legend", em função da temperatura e aplicação de hidrazida maleica. p.1–64, 2014. Disponível em: http://hdl.handle.net/10400.15/1421. Acesso em: 9 maio 2025.

SANTOS, R. P.; CRUZ, A. C. F. da; IAREMA, L.; KUKI, K. N.; OTONI, W. C. Protocolo para extração de pigmentos foliares em porta-enxertos de videira micropropagados. **Revista Ceres**, n. 55:356-364, 2008.

SANTOS, J. O. M. dos; ZERA, F. S.; PULICI, E.; MACHADO, C. M. M. Efeito da adubação foliar com micronutrientes na produção e diâmetro da cebola. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 189–216, 2018.

SHARMA, J.; GAIROLA, S.; SHARMA, Y. P.; GAUR, R. D. Ethnomedicinal plants used to treat skin diseases by Tharu community of district Udham Singh Nagar, Uttarakhand, India. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 158, n. PART A, p. 140–206, 2014. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874114007077. Acesso em: 9 maio 2025.

SILAMBARASAN, R.; AYYANAR, M. An ethnobotanical study of medicinal plants in Palamalai region of Eastern Ghats, India. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 172, p. 162–178, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874115003864. Acesso em: 9 maio 2025.

SILVA, J. D. G. da; GALON, L.; PAWELKIEWICZ, R.; FRANCESCHETTI, M. B.; PORTES, J. C.; ROSSETTO, E. R. de O.; PERIN, G. F.; MÜLLER, C. Características fisiológicas e produtivas de soja com aplicação de metsulfurom-metílico na dessecação precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, p. e02496–e02496, 2021. Disponível em: https://apct.sede.embrapa.br/pab/article/view/27004. Acesso em: 13 maio 2025.

SILVA, L. R. R. da; GRANGEIRO, L. C.; DE SOUSA, V. D. F. L.; DE SOUZA, F. I.; GONÇALVES, F. D. C.; DE OLIVEIRA, G. S. R. Agronomic performance of onion cultivars as affected by phosphate fertilization. **Revista Ceres**, v. 68, n. 5, p. 371–378, 2021. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rceres/a/BjVjkm5j8rqVwfWqtQFvDLm/. Acesso em: 26 maio 2025.

SOUZA, J. I. de; GOES MACIEL, C. D. de; JADOSKI, S. O.; PAZINATO DA SILVA, A. A.; MATIAS, J. P. 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. Disponível em: https://openurl.ebsco.com/contentitem/doi:10.5935/PAeT.V8.N2.03?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:doi:10.5935/PAeT.V8.N2.03&crl=c. Acesso em: 22 maio 2025.

SOUZA, M. de F.; LINS, H. A.; DE MESQUITA, H. C.; TEÓFILO, T. M. da S.; REGINALDO, L. T. R. T.; PEREIRA, R. K. V.; GRANGEIRO, L. C.; SILVA, D. V. Can irrigation systems alter the critical period for weed control in onion cropping?. **Crop Protection**, v. 147, p. 105457, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219420303902. Acesso em: 6 jul. 2025.

SOUZA, J. I.; SILVA, A. A. P.; CHAGAS, R. R.; OLIVEIRA NETO, A. M.; MACIEL, C. D. G.; RESENDE, J. T. V.; ONO, E. O. Weed Interference Periods and Transplanting Densities of

Onion Crop in the Brazilian Region of Guarapuava, PR[1]. **Planta Daninha**, v. 34, n. 2, p. 299–308, 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pd/a/hrnhhbGbNtzWB9p3FbsfhvM/?lang=en. Acesso em: 6 jul. 2025.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2017.

TESHIKA, J. D.; ZAKARIYYAH, A. M.; ZAYNAB, T.; ZENGIN, G.; RENGASAMY, K. R. R.; PANDIAN, S. K.; FAWZI, M. M. Traditional and modern uses of onion bulb (Allium cepa L.): a systematic review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. Sup 1, p. S39–S70, 2019. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30040448/. Acesso em: 14 maio 2025.

TIRONI, S. P.; SOUZA, R. C. de. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar no Nordeste. *In*: DESAFIOS, AVANÇOS E SOLUÇÕES NO MANEJO DE PLANTAS DANINHAS. Brasília-DF: Embrapa:SBCPD, 2013.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JR., A.; SCHAEDLER, C. E.; PINTO LAMEGO, F.; PORTUGAL, J.; MENENDES, J.; KOZLOWSKI, L. A.; MUZELL TREZZI, M.; DE PRADO, R. Mecanismos de Ação dos Herbicidas. *In*: ASPECTOS DA BIOLOGIA E MANEJO DAS PLANTAS ESPECÍFICAS. : Rima, 2014. p. 235–256. Disponível em: http://hdl.handle.net/20.500.12207/5445. Acesso em: 16 maio 2025.

WELLBURN, A. R. The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. **Journal of Plant Physiology**, v. 144, n. 3, p. 307–313, 1994. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0176161711811922. Acesso em: 22 maio 2025.

WICKS, G. A.; JOHNSTON, D. N.; NULAND, D. S.; KINBACHER, E. J. Competition Between Annual Weeds and Sweet Spanish Onions. **Weed Science**, v. 21, n. 5, p. 436–439, 1973. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/competition-between-annual-weeds-and-sweet-spanish-onions/4DA23B3390FFE8A52D1A4B6DFE7B8840. Acesso em: 12 maio 2025.

WICZKOWSKI, W. Garlic and Onion. **Handbook of Vegetables and Vegetable Processing: Second Edition**, v. 2–2, p. 661–682, 2018. Disponível em: /doi/pdf/10.1002/9781119098935.ch28. Acesso em: 14 maio 2025.

WILLIAMS, M. M.; RANSOM, C. V.; THOMPSON, W. M. Volunteer Potato Density Influences Critical Time of Weed Removal in Bulb Onion. **Weed Technology**, v. 21, n. 1, p. 136–140, 2007. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/volunteer-potato-density-influences-critical-time-of-weed-removal-in-bulb-onion/C843C031B3F455942C196794D4F1BB99. Acesso em: 12 maio 2025.

YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C. Deriva simulada de glyphosate em algodoeiro: efeito de dose, cultivar e estádio de desenvolvimento. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 821–826, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pd/a/BT7btpVKbPPcpGgNLRwmRkr/?stop=next&format=html&lang=pt. Acesso em: 5 jun. 2025.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA, R. S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F. Prevenção de injúrias causadas por glyphosate em soja RR por meio do uso de aminoácido. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 195–205, 2011. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/pd/a/FRtvYdP3YHDCPMrQqDz3VSQ/. Acesso em: 31 maio 2025.

CONSIDERAÕES FINAIS

A aplicação do fertilizante foliar, especialmente quando realizada junto à calda de herbicida, contribuiu para a redução dos sintomas de injúria nas plantas. Destaca-se o tratamento com a mistura de oxifluorfem + flumioxazina, que na ausência do fertilizante apresentou fitotoxidade inicial de 35%. Com a aplicação do Crop Evo®, esse índice foi reduzido para 15% aos 28 dias após a primeira aplicação dos tratamentos.

Os maiores teores de clorofilas totais e carotenoides foram observados nos tratamentos com menor fitotoxicidade, especialmente na combinação do fertilizante com o herbicida oxifluorfem.

A aplicação do fertilizante foliar também proporcionou aumento na produtividade total da cebola, com acréscimos de aproximadamente 21% quando aplicado junto à calda e 16%, e quando aplicado três dias após a injeção dos herbicidas.

O herbicida oxifluorfem isolado demonstrou maior seletividade (menos de 14% de fitotoxidade, enquanto sua combinação com flumioxazina resultou em maiores sintomas de toxicidade (35% de fitotoxidade).