



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CAMPUS CURITIBANOS

CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS

CURSO DE AGRONOMIA

Michael Waltrick dos Santos

Herbicidas na pós-emergência do alho: Controle de nabiça e seletividade para a cultura

Curitibanos
2024

Michael Waltrick dos Santos

Herbicidas na pós-emergência do alho: Controle de nabiça e seletividade para a cultura

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Agronomia do Centro de Ciências Rurais do Campus de Curitiba da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Profa. Naiara Guerra, Dra.

Curitiba

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC

Waltrick, Michael

HERBICIDAS NA PÓS-EMERGÊNCIA DO ALHO: CONTROLE DE NABIÇA E SELETIVIDADE PARA A CULTURA / Michael Waltrick ; orientadora, Naiara Guerra, 2024.

37 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Agronomia, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

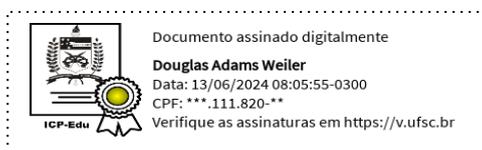
1. Agronomia. 2. Allium sativum. 3. fomesafen. 4. Raphanus raphanistrum. 5. ioxynil. I. Guerra, Naiara. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.

Michael Waltrick dos Santos

HERBICIDAS NA PÓS-EMERGÊNCIA DO ALHO: CONTROLE DE NABIÇA E SELETIVIDADE PARA A CULTURA

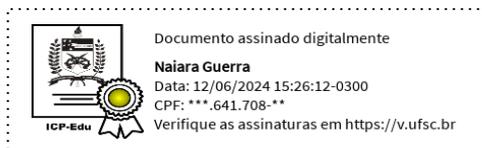
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitiba, SC, 04 de junho de 2024.



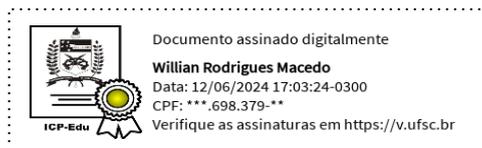
Coordenação do Curso

Banca examinadora



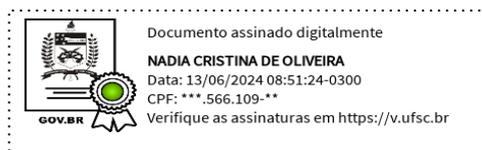
Profa. Naiara Guerra, Dra.

Orientadora



Prof. Willian Rodrigues Macedo, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina



Profa. Nádia Cristina de Oliveira, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

Curitiba, 2024.

RESUMO

O alho (*Allium sativum*) é uma olerícola de grande importância no cenário agrícola das pequenas propriedades e na agricultura familiar. No entanto, enfrenta desafios no manejo de plantas daninhas devido à escassez de herbicidas registrados e à sensibilidade da planta de alho, fatores limitantes na sua produção. O objetivo deste estudo foi avaliar o controle da planta daninha nabiça (*Raphanus raphanistrum*) e a seletividade de herbicidas na pós-emergência na cultura do alho. O experimento foi conduzido em área comercial na empresa Rika Agropecuária, utilizando o delineamento de blocos casualizados com nove tratamentos e quatro repetições, sendo realizadas as aplicações em pós-emergência do alho. Os herbicidas testados foram ioxynil (75g ha^{-1}), ioxynil + pendimethalin ($75\text{g} + 1820\text{g ha}^{-1}$), ioxynil + pyroxasulfone ($75\text{g} + 100\text{g ha}^{-1}$), fomesafen ($37,5\text{g ha}^{-1}$), fomesafen (75g ha^{-1}), s-metolachlor + fomesafen ($258,9\text{g} + 56,9\text{g ha}^{-1}$), prometrina (250g ha^{-1}), além de uma testemunha sem capina e outra capinada. Cada tratamento recebeu três aplicações em pós-emergência do alho. Foram avaliadas a porcentagem de controle das plantas daninhas, a porcentagem de fitointoxicação, aos 7 e 15 dias após a cada aplicação, altura das plantas e a produtividade do alho. Na área experimental a planta daninha infestante foi a nabiça. Os herbicidas influenciaram a cultura do alho de forma variada. Os tratamentos com fomesafen resultaram em um excelente controle sobre nabiça, no entanto, houve fitointoxicação causando altos níveis de injúrias às plantas de alho, que afetaram a produtividade. O melhor controle da planta daninha, menor fitointoxicação das plantas de alho, maior calibre de bulbos e maior produtividade foram alcançadas no tratamento com a ioxynil, ioxynil + pendimethalin e ioxynil + pyroxasulfone.

Palavras-chave: *Allium sativum*, fitointoxicação, *Raphanus raphanistrum*, fomesafen, s-metolachlor, prometrina, pyroxasulfone.

ABSTRACT

Garlic (*Allium sativum*) is a vegetable of great importance in the agricultural scenario of small properties and family farming. However, it faces challenges in weed management due to the scarcity of registered herbicides and the sensitivity of the garlic plant, limiting factors in its production. The aim of this study was to evaluate weed control of wild radish (*Raphanus raphanistrum*) and herbicide selectivity in post-emergence in garlic cultivation. The experiment was conducted in a commercial area at Rika Agribusiness company, using a randomized block design with nine treatments and four replications, with applications made in post-emergence of garlic. The herbicides tested were ioxynil (75g ha⁻¹), ioxynil + pendimethalin (75g +1820g ha⁻¹), ioxynil + pyroxasulfone (75g +100g ha⁻¹), fomesafen (37.5g ha⁻¹), fomesafen (75g ha⁻¹), s-metolachlor + fomesafen (258.9g + 56.9g ha⁻¹), prometryne (250g ha⁻¹), in addition to one weedy and one weeded control. Each treatment received three post-emergence applications of garlic. Weed control percentage, phytotoxicity percentage at 7 and 15 days after each application, plant height, and garlic yield were evaluated. In the experimental area, the predominant weed was wild radish. The herbicides influenced garlic cultivation in various ways. Treatments with fomesafen resulted in excellent control over wild radish; however, there was phytotoxicity causing high levels of injury to the garlic plants, which affected productivity. The best weed control, lower phytotoxicity of garlic plants, larger bulb size, and higher yield were achieved with treatments containing ioxynil, ioxynil + pendimethalin, and ioxynil + pyroxasulfone.

Keywords: *Allium sativum*, phytotoxicity, *Raphanus raphanistrum*, fomesafen, ioxynil.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Controle de plantas daninhas após três aplicações de herbicidas na pós-emergência do alho. a) Testemunha sem capina; b) Ioxynil + pyroxasulfone; c) Ioxynil + pendimethalin; d) S-metolachlor + Fomesafen. | 22 |
| Figura 2: Fitotoxicidade de s-metolachlor + fomesafen em plantas de alho | 24 |
| Figura 3: Classes de alho (%) segundo o diâmetro de bulbos após três aplicações de herbicidas. Curitiba, SC, 2023..... | 26 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1:Estádio fenológico da cultura do Alho..... | 9 |
| Tabela 2: Herbicidas com registro para cultura do alho e seu mecanismo de ação..... | 13 |
| Tabela 3: Caracterização do solo da camada 0 – 20 cm, após a o plantio do alho. Curitibaanos, SC, 2023. | 16 |
| Tabela 4:Herbicidas e doses utilizadas no experimento | 17 |
| Tabela 5: Condições climáticas no momento de cada aplicação..... | 18 |
| Tabela 6:Classificação do alho em calibres, portaria Nº 435..... | 19 |
| Tabela 7:Controle (%) de <i>Raphanus raphanistrum</i> após a aplicação de herbicidas na pós-emergência do alho. Curitibaanos, SC, 2023..... | 20 |
| Tabela 8:Fitointoxicação (%) de plantas de alho após aplicação de herbicidas na pós-emergência. Curitibaanos, SC, 2023. | 23 |
| Tabela 9: Altura (cm) e produtividade (kg ha^{-1}) de plantas de alho após aplicação de herbicidas na pós-emergência. Curitibaanos, SC, 2023. | 25 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

kg – Quilograma

ha – Hectare

% – Porcentagem

°C – Graus celsius

g – Grama

t –Toneladas

kg – Quilogramas

m – Metro

m² – Metro quadrado

cm – Centímetros

DAP – Dias após o plantio

PCPI – Período crítico de prevenção a interferência

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 6 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 7 |
| 1.1.1 Objetivo Geral | 7 |
| 1.1.2 Objetivos específicos..... | 7 |
| 1.2 JUSTIFICATIVA..... | 7 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 8 |
| 2.1 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA CULTURA DO ALHO..... | 8 |
| 2.2 A CULTURA DO ALHO (<i>Allium sativum</i> L.)..... | 8 |
| 2.2 MANEJOS PARA A CULTURA DO ALHO | 10 |
| 2.3 PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO ALHO | 12 |
| 2.4 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO ALHO | 12 |
| 2.4.1 Mecanismo de ação de herbicidas registrados para a cultura do alho | 14 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 16 |
| 3.1 ÁREA EXPERIMENTAL..... | 16 |
| 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL | 17 |
| 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 19 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 20 |
| 5. CONCLUSÕES | 28 |
| REFERÊNCIAS | 29 |

1 INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma hortaliça da família Alliaceae, sendo de grande importância econômica e social no Brasil (Sobrinho *et al.*, 1993). O interesse comercial na cultura são os bulbos, usados como condimento na culinária do mundo todo. Segundo a Associação Nacional de Produtores de Alho (ANAPA, 2022b), o consumo nacional de alho é de 1,5 kg/habitante/ano. A produção nacional da cultura em 2021, foi de 167.102 t, sendo produzida em 13.057 ha com um rendimento de 12.798 kg ha⁻¹. No Brasil o maior produtor é Minas Gerais, contribuindo com 44,2% da produção (IBGE, 2021).

Santa Catarina é o terceiro maior produtor de alho e sua produção está concentrada, principalmente, nos municípios de Brunópolis, Curitibanos, Fraiburgo, Frei Rogério, Joaçaba e Lebon Régis (EPAGRI, 2021). Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), Santa Catarina possui cerca de 3.681 estabelecimentos rurais que cultivam a cultura.

Diversos fatores podem afetar a cultura do alho, sendo as plantas daninhas um grande problema. O alho, por ter seu crescimento inicial lento, e ter porte baixo com folhas estreitas e eretas, sofre com a interferência das plantas daninhas (Lucini, 2009). O período crítico de interferência ocorre durante quase todo o ciclo, afetando consideravelmente o rendimento da cultura e dificultando a colheita (Resende; Haber; Pinheiro, 2015). Desta forma, a adoção de medidas de controle se faz necessária para minimizar perdas de rendimento.

O controle das plantas daninhas na cultura do alho pode ser realizado por diferentes métodos: através do arranquio ou capina, sendo estes métodos muito trabalhosos e quase inviáveis para grandes áreas, assim, o uso do controle químico se torna o mais utilizado pelos produtores (Mascarenhas; Saturnino; Souza, 1980).

Apesar do controle químico ser amplamente utilizado, a cultura sofre pela escassez de herbicidas registrados. Conforme dados do Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT, 2024), sete ingredientes ativos da classe dos herbicidas estão disponíveis para uso na cultura, sendo que dos herbicidas com registro, apenas o ingrediente ativo ioxynil é para o controle de plantas daninhas de folhas largas na pós-emergência.

A busca por novas alternativas de herbicidas que sejam seletivos para a planta de alho e eficientes no controle de plantas daninhas de folha larga é algo fundamental. Colocar à disposição novos herbicidas de pós-emergência para a cultura, faz com que os produtores tenham outras opções para o controle das plantas daninhas e possam escolher produtos que sejam mais adequados às suas necessidades específicas, realizando o controle satisfatório das plantas daninhas e mantendo altos índices produtivos. Estudos de novas moléculas herbicidas

com potencial de serem utilizados na pós-emergência da cultura se tornam algo indispensável para uma olerícola de grande importância como o alho.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar novas opções de herbicidas para aplicação na pós-emergência da cultura do alho.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a eficiência de herbicidas aplicados na pós-emergência do alho no controle das principais plantas daninhas na região de Curitiba/SC;
- Avaliar a fitointoxicação causada pelos herbicidas em pós-emergência na cultura do alho;
- Avaliar o efeito dos herbicidas nos componentes de rendimento e produtividade da cultura do alho.

1.2 JUSTIFICATIVA

Devido à importância da cultura do alho, principalmente para a microrregião de Curitiba onde quase toda a produção de alho é realizada pela agricultura familiar, a pesquisa se torna de grande relevância para busca no aumento da produtividade.

O manejo correto de plantas daninhas é algo fundamental para o sucesso da lavoura de alho. Atualmente no mercado, apenas uma molécula está disponível para o manejo na pós-emergência de plantas daninhas de folha larga na cultura do alho. O herbicida ioxynil por um tempo deixou de estar disponível, o produtor ficou sem alternativa de realizar o manejo adequado. A escassez de herbicidas para a cultura é preocupante, sabendo que era o único herbicida eficiente no controle de plantas daninhas de folha larga na cultura do alho.

Sabendo que a planta de alho é sensível a herbicidas e apresenta vulnerabilidade para fitointoxicação, a busca por novas moléculas que não afetem o crescimento, produtividade e realize o manejo de plantas daninhas satisfatório, torna-se um fator importante para essa olerícola de grande relevância que é a cultura do alho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA CULTURA DO ALHO

Os reflexos positivos no desempenho produtivo de hortaliças, como o alho, são resultantes dos avanços tecnológicos nos últimos anos (EPAGRI, 2023). A produção nacional de alho de 2021 foi de 167.107 t, sendo Minas Gerais responsável por 44,2% deste total (IBGE, 2021). Atualmente no país os três maiores estados produtores da cultura são Minas Gerais, Goiás e Santa Catarina (IBGE, 2021). No Brasil a cultura do alho é responsável por gerar 150 mil empregos diretos ou indiretos, movimentando 800 milhões de reais ao ano (ANAPA, 2019).

O estado de Santa Catarina concentra grande número de pequenos produtores de alho, o qual, geralmente, é conduzido pela agricultura familiar, tendo grande importância na região Catarinense produtora de alho (EPAGRI, 2021). Conforme Epagri/Cepa (2023), a área plantada com a cultura vem perdendo espaço. O plantio reduziu de 2.406 ha, na safra 2018/19, para 995 ha, na safra 2023/24, portanto, redução de 58,64% na área de plantio. Esta redução está relacionada ao alto custos de produção do alho, adversidades climáticas e ameaças de comercialização do produto estrangeiro no país (FECAM, 2023).

No estado de Santa Catarina, Curitiba foi o primeiro município a cultivar o alho, no ano de 1961, o técnico agrícola Takashi Chonan se mudou para a colônia japonesa em Frei Rogério, a qual antes da emancipação pertencia a Curitiba e começou a selecionar variedades que melhor se adaptavam ao solo e clima da região (EPAGRI, 2021). Assim então, surge o primeiro alho nobre nacional, que em 1975 recebeu o nome de alho Chonan, contribuindo para o desenvolvimento da cultura em Santa Catarina. O estado segue, até hoje, sendo referência em produção e pesquisa nessa cadeia produtiva (EPAGRI, 2021).

2.2 A CULTURA DO ALHO (*Allium sativum* L.)

O alho é uma cultura olerícola que pertence à família Alliaceae, podendo ter entre 50 e 100 cm a planta apresenta folhas estreitas e alongadas e o caule é um disco comprimido, onde é o ponto de partida de folhas e raízes (Resende; Haber; Pinheiro, 2015). O bulbo é formado na parte inferior do seu pseudocaule que é curto, gerado pelas bainhas das folhas. As raízes são pouco ramificadas (Filgueira, 2013). Conforme Filgueira (2013), a parte comercial utilizável é o bulbo composto por bulbilhos, os quais são ricos em amido e substâncias aromáticas, com grande valor condimentar, medicinal e nutricional.

As cultivares de alho são agâmicas, produzindo sementes botânicas inviáveis, sendo feito sua propagação através dos bulbilhos (EMBRAPA, 2001). Cada bulbilho contém uma gema capaz de gerar uma nova planta de alho (Filgueira, 2013).

Conhecer a escala fenológica da cultura é importante. Isso ajuda a fazer os manejos corretos em cada fase, como adubar, irrigar, controlar pragas, doenças, plantas daninhas e planejar a colheita. Na tabela 1 é apresentada a escala fenológica da cultura (Rosa, 2015), onde se encontra dividida em quatro fases: dormência, indutiva, vegetativa e reprodutiva.

Tabela 1: Estádio fenológico da cultura do Alho

| Fase | Estádio | código | Descrição |
|-------------------|----------------------------------|---|--|
| Dormência | Bulbilhos dormentes | S0 | Período no qual os bulbilhos ainda estão junto ao bulbo e recobertos por uma capa ou túnica. |
| | Bulbilhos começam a modificar-se | S1 | Início do crescimento da folha de brotação do bulbilho. Ocorrem mudanças físico-químicas nos bulbilhos em função da vernalização e da separação dos bulbilhos da base central ou prato do bulbo. |
| Vegetativa | Emergência | EM | Prófilo acima do nível do solo, surgimento dos primórdios das duas primeiras folhas e início do crescimento radicular. |
| | Duas folhas | V2 | Surgimento das duas primeiras folhas verdadeiras da planta. |
| | Três folhas | V3 | Surgimento da terceira folha na planta. |
| | Quatro folhas | V4 | Surgimento da quarta folha na planta. |
| | Cinco folhas | V5 | Surgimento da quinta folha na planta e início de mudança conformacional do bulbilho embaixo do solo. |
| | Seis folhas | V6 | Surgimento da sexta folha na planta. |
| | Sete folhas | V7 | Surgimento da sétima folha na planta e senescência parcial das primeiras. |
| | Oito folhas | V8 | Surgimento da oitava folha na planta, senescência completa das primeiras folhas e aumento gradual do diâmetro do bulbilho. |
| | Nove folhas | V9 | Surgimento da nona folha na planta. |
| | Dez folhas | V10 | Surgimento da décima folha na planta. |
| | Onze folhas | V11 | Surgimento da décima primeira folha na planta |
| | Doze folhas | V12 | Surgimento da décima segunda folha na planta |
| Enésima folha | Vn | Surgimento da folha enésima folha na planta. | |
| Diferenciação | R1 | Momento da diferenciação do bulbo em novos bulbilhos. | |

| | | | |
|--------------------|--------------------------------|----|--|
| Reprodutiva | 1/4 do crescimento reprodutivo | R2 | Crescimento dos bulbilhos, que já ocupam 25% da área total do bulbo. |
| | 2/4 do crescimento reprodutivo | R3 | Crescimento dos bulbilhos, que já ocupam 50% da área total do bulbo e surgimento da última folha (Vn) |
| | 3/4 do crescimento reprodutivo | R4 | Crescimento dos bulbilhos, que já ocupam 75% da área total do bulbo e surgimento da haste floral (HF). |
| | 4/4 do crescimento reprodutivo | R5 | Bulbilhos ocupando 95% da área total do bulbo e ponto de colheita (PC). |

Fonte: Rosa, (2015).

2.2 MANEJOS DA CULTURA DO ALHO

O preparo do solo para o plantio do alho é feito no modo convencional, com aração profunda seguida de duas gradagem. Em seguida, é realizado o encanteiramento de forma mecanizada, com o rotoencanteirador (Sobrinho *et al.*, 1993). De modo geral, o plantio do alho em Santa Catarina se dá em canteiros de aproximadamente 1,20 m de largura e 20 cm de altura (Lucini, 2004).

A cultura é muito exigente em correção do solo, não tolera alumínio tóxico e apresenta um alto desenvolvimento numa faixa de pH entre 5,5 e 6,5 (CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2016). O alho responde a adubações com fósforo, nitrogênio e adubos orgânicos como o esterco (Lucini, 2003). A adubação de base é incorporada diretamente no canteiro. Em relação a adubação de cobertura, conforme Trani (2009), recomenda-se a adubação mineral de cobertura, aplicando de 40 a 80 kg ha⁻¹ de N e 40 a 80 kg ha⁻¹ de K₂O, sendo que se deve parcelar essas doses, ao estágio V3 e estágio V5, 30 e 50 dias após a brotação respectivamente. As maiores produções de alho são obtidas com plantas mais vigorosas e supridas adequadamente em nitrogênio (Büll *et al.*, 2001).

O superbrotamento é uma anomalia de causas genético-fisiológicas caracterizado pela brotação antecipada dos bulbilhos (Macêdo; Souza; Pereira, 2006). Conforme Büll *et al.* (2001), o uso de doses exageradas de nitrogênio pode estimular esta anomalia. A adubação complementar deve considerar as exigências da cultivar, em que se sabe que cultivares de ciclo precoce e tardias são suscetíveis ao superbrotamento (Filgueira, 2013). Segundo Filgueira (2013), a aplicação de N, em relação a doses e momento mais propício é uma decisão agrônoma crítica, sabendo que o excesso N é altamente prejudicial e não tem como ser

corrigido, fazendo assim necessário realizar apenas o uso da dose de adubação recomendada, baseada na observação do aspecto das plantas.

O plantio do alho é manual e se estende desde o final de maio até 10 de agosto na região Sul. O modelo tradicional de plantio é três fileiras duplas por canteiro e espaçamento de 10cm entre bulbilhos. Para garantir o sucesso da lavoura, deve-se plantar o bulbilho com seu ápice para cima (Lucini, 2004).

As cultivares de alho nobre mais plantadas em Santa Catarina são Ito, Caçador, Quitéria, Jonas, Chonan e San Valentin que podem ser divididas em cultivares de ciclo curto, intermediário e de ciclo longo (Resende; Haber; Pinheiro, 2015). Cultivares de ciclo curto levam em torno de quatro meses do plantio a colheita, intermediário cinco meses e ciclo longo mais que cinco meses (Sobrinho *et al.*, 1993). A planta de alho pode apresentar diferenças dentro da cultivar ou entre cultivares, o mesmo genótipo ou clone pode apresentar diferenças morfológicas, devido a interação com fatores ambientais, como solo, clima e umidade (Mota, 2003).

Dentre as exigências ambientais, sabe-se que a cultura necessita de temperatura e fotoperíodo para bulbificação (Morozini *et al.*, 2005). Para a formação dos bulbos, as cultivares de alho nobre exigem mais de 13 horas diárias de luz e temperaturas mais baixas, entre 3 a 5 graus (Resende; Haber; Pinheiro, 2015).

Outro fator preponderante para a cultura é o adequado suprimento hídrico. A planta de alho é muito sensível ao déficit hídrico, sendo indispensável o uso da irrigação, mesmo na região sul que apresenta chuvas mais frequentes. A necessidade de água durante o ciclo da cultura do alho varia entre 400 e 850mm. Os sistemas de irrigação mais utilizados são o sistema por aspersão tipo pivô central e convencional (Marouelli; Lucini, 2020).

O molhamento foliar favorecido pela irrigação frequente ou pelos longos períodos com alta umidade, comumente encontrado na região Sul, propicia o aparecimento de doenças fúngicas foliares, como a mancha-púrpura (*Alternaria porri*), ferrugem (*Puccinia*) e a mancha de estenfilio (*Stemphylium botryosum*) (Marouelli; Lucini, 2020), sendo assim, necessário fazer tratamentos com fungicidas de forma preventiva.

Além das doenças, a presença de plantas daninhas nos cultivos de alho também deve ser evitada, pois afetam diretamente a quantidade e qualidade dos bulbos produzidos.

2.3 PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO ALHO

Em Santa Catarina, as principais plantas daninhas que afetam a cultura, são as eudicotiledôneas como a erva-de-passarinho (*Stellaria media*), caruru (*Amaranthus hybridus*), mentinha (*Stachys arvensis*), nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.), mentruz (*Coronopus didymus*), língua de vaca (*Rumex* sp.) e as monocotiledôneas como a tiririca (*Cyperus rotundus*), azevém (*Lolium multiflorum*), pastinho de inverno (*Poa annua*), milhã (*Digitaria* spp.) e papuã (*Urochloa plantaginea*) (Lucini, 2009).

As plantas daninhas trazem grandes perdas de produtividade e qualidade (Carvalho, 2013), pois competem por nutrientes, água e luz. O seu controle se torna um fator importante no aumento dos custos de produção, além de dificultarem a colheita.

A etapa do cultivo, em que a interferência da planta daninha causa a maior redução dos rendimentos da cultura é conhecido como período crítico, segundo Lucini (2009) o período crítico da cultura do alho vai dos 25 dias até os 120 dias. Já em estudos feitos por Radzinski (2022), notou-se que o período crítico de prevenção à interferência (PCPI), foi de seis até 126 dias após o plantio – DAP. Esse longo período em que se faz necessário a adoção de medidas de controle se deve ao fato de a planta de alho estar em desvantagem em relação às plantas daninhas, sendo suscetível à competição praticamente durante todos os seus estádios fenológicos.

A baixa capacidade competitiva do alho se dá devido ao seu crescimento lento, folhas estreitas e porte baixo, por apresentar estas características tem dificuldade para fechar as entrelinhas, deixando assim espaço para o desenvolvimento de plantas daninhas (Resende *et al.*, 2016).

2.4 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO ALHO

O controle de plantas daninhas no alho apresenta alguns fatores que o tornam difícil. O espaço reduzido entre fileiras e o ciclo longo da cultura dificultam o uso da capina manual ou mecânica (Garcia *et al.*, 1994). O uso de enxada como controle de plantas daninhas no alho principalmente nos primeiros estádios de desenvolvimento da cultura, além de gerar trabalho, corre o risco de causar danos às plantas recém-emergidas (Mascarenhas; Saturnino; Souza, 1980).

Para conseguir atingir a máxima produtividade, é necessário ter lavoura sem interferência de plantas daninhas. Assim, o controle químico através do uso de herbicidas de

pré e pós-emergência se torna um fator para este sucesso, sendo o método mais utilizado pelos produtores.

A utilização de herbicidas de pré-emergência se dá por meio da aplicação antes da emergência da planta daninha (Carvalho, 2013). O uso de herbicidas de pré-emergência no estabelecimento da cultura, além do efeito residual prolongado no período crítico, também auxilia impedindo um novo fluxo de emergência das invasoras presentes no banco de sementes (Sanhotene *et al.*, 2017).

Os herbicidas de pós-emergência devem ser aplicados, quando há o maior percentual de plântulas emergidas, preferencialmente, quando as plantas daninhas estiverem na fase de plântulas com duas a quatro folhas. Para se ter resultado satisfatório no controle, deve-se tomar precauções na hora da escolha do produto. Sendo necessário optar por herbicidas que sejam eficientes no controle das espécies de plantas daninhas da área e que estes não causem injúrias e afetem os componentes de rendimento e produtividade do alho (Lucini, 2009).

Segundo o Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT, 2024), existem apenas sete ingredientes ativos da classe dos herbicidas registrados para a cultura do alho (Tabela 2).

Tabela 2: Herbicidas com registro para cultura do alho e seu mecanismo de ação

| Ingrediente ativo | Grupo Químico | Mecanismo de ação |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Cletodim | Oxima ciclohexanodiona | ACCase |
| Ioxinil | Benzonitrila | Fotossistema II |
| Linurom | Uréia | Fotossistema II |
| Flumioxazina | ciclohexenodicarboximida | Protox |
| Oxadiazona | Oxadiazolona | Protox |
| Pendimetalina | Dinitroanilina | Divisão celular |
| Trifluralina | Dinitroanilina | Divisão celular |

Fonte: AGROFIT, (2024).

Conforme Lucini (2009), os herbicidas recomendados para a cultura do alho são classificados em três diferentes modalidades de aplicação, sendo os de pré-emergência das plantas daninhas e do alho (oxidiazona, trifluralina, flumioxizina e linuron), os de pós-emergência do alho e pré-emergência das plantas daninhas (pendimetalina) e os pós emergente do alho e das plantas daninhas (ioxynil e cletodim).

O ioxynil (produto comercial Totril®), é o único herbicida registrado em pós-emergência para o controle de folhas largas (ANAPA, 2022a). No ano de 2020, a paralização da produção da molécula ioxynil fez com que o mercado agrícola brasileiro não possuísse outra

molécula registrada para substituí-lo e assegurar a realização de manejo satisfatório de plantas daninhas na cultura do alho (Barbosa, 2021). Todavia, de acordo com a ANAPA (2022a), um novo produto comercial (FICO®) a base de ioxynil foi aprovado no ano de 2022, pelo MAPA e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Similar ao Totril®, o FICO® é o único herbicida, atualmente, registrado e disponível para o controle em pós-emergência de plantas daninhas de folha larga na cultura do alho (AGROFIT, 2023).

Mesmo que os herbicidas sejam registrados para a cultura, esses devem ser utilizados de forma cuidadosa, devido à alta sensibilidade das plantas de alho ao controle químico (Gonçalves, 2017). Sendo comum o uso de subdoses de herbicidas para se minimizar problemas de injúrias e redução de produtividade da cultura causada por esses herbicidas.

O alho é sensível e dependendo das condições que for aplicado os herbicidas podem trazer danos à cultura (Lucini, 2009). Para garantir a utilização correta e eficaz de herbicidas, deve-se observar diversas medidas. Condições ambientais adversas, como solos excessivamente secos ou úmidos, estresse hídrico e variações extremas de temperatura e umidade relativa do ar, podem influenciar significativamente o desempenho desses produtos (Gazziero; Neumaier, 1985).

2.4.1 Mecanismo de ação de herbicidas registrados para a cultura do alho

O mecanismo de ação é o primeiro de uma série de eventos metabólicos que resultam na expressão final do herbicida sobre a planta (Oliveira Jr, 2011). Devido à escassez de produtos para a cultura, os herbicidas com registro para o alho estão divididos em apenas quatro mecanismo de ação: Inibidores de ACCase, Inibidores do Fotossistema II, Inibidores da PROTOX e Inibidores de divisão celular.

O herbicida Cletodim pertence a ao mecanismo dos Inibidores de ACCase. Na cultura do alho sua aplicação é realizada na pós-emergência. Os inibidores da ACCase controlam exclusivamente espécies de folha estreita como as gramíneas (Roman *et al.*, 2005).

Ioxynil e Linurom, são herbicidas Inibidores do Fotossistema II. Os inibidores da fotossíntese são considerados inibidores do transporte de elétrons, resultam na remoção ou inativação de um ou mais carregadores intermediários do transporte de elétrons (Oliveira Jr., 2011). Linuron na cultura do alho é recomendado para aplicação na pré-emergência. Na pós-emergência, o herbicida ioxinil apresenta um controle satisfatório de plantas daninhas de folha larga. Nas aplicações em pós-emergência, a cobertura completa das plantas é importante, uma vez que a translocação é limitada, ocorrendo apenas via xilema. Adjuvantes são normalmente

adicionados para aumentar a ação foliar (Oliveira Jr., 2011). Porém, isso pode resultar em aumento na fitointoxicação da cultura do alho.

São pertencentes ao mecanismo dos inibidores da PROTOX, os herbicidas flumioxazina e oxadiazona. Este mecanismo de ação inibe a atuação da enzima protoporfirinogênio oxidase, precursor da clorofila (Marchi, 2008). Este mecanismo de ação apresenta características de serem ativados pela luz. Plantas expostas aos produtos e à luz morrem rapidamente, um a dois dias após aplicação (Oliveira Jr., 2011). Os herbicidas flumioxazina e oxadiazona são aplicados na pré-emergência na cultura do alho e são herbicidas de contato. O controle é especialmente de plantas de folha larga. Quando aplicados em pré-emergência, a atuação ocorre próximo à superfície do solo, durante a emergência das plantas. O período residual no solo varia consideravelmente entre os herbicidas e as condições edafoclimáticas (Oliveira Jr., 2011).

Em relação aos Inibidores de divisão celular ou também denominados de inibidores da síntese de ácidos graxos de cadeia muito longa (VLCFA), o herbicida trifluralina e pendimethalin apresenta esse mecanismo de ação. São aplicados na pré-emergência da cultura, controla sementes em germinação e plântulas pequenas de gramíneas anuais e de algumas poucas folhas largas (Oliveira Jr., 2011).

O uso contínuo de apenas um mecanismo de ação de herbicida para o controle de plantas daninhas durante muito tempo, não é recomendado, pois leva à seleção de plantas daninhas resistentes (Marchi, 2008). Dessa forma, é necessário que se utilize herbicidas com diferentes mecanismos de ação. Porém, devido ao limitado número de moléculas registradas para o alho, principalmente para controle de plantas daninhas na pós-emergência, o produtor não encontra alternativas para fazer a rotação de mecanismos de ação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em Santa Catarina, no município de Curitibanos, área comercial pertencente à Rika Agroindústria de Alimentos, nas coordenadas geográficas 27°15' 35'' S de latitude, 50°36'13'' O de longitude com altitude próxima a 1000m. Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb - subtropical úmido com verões amenos, com precipitação anual próxima a 1500 mm (EMBRAPA, 2011). O solo da área experimental foi classificado como Cambissolo háplico, foi realizado a coleta de solo e encaminhada para o laboratório de análise, onde foi obtido o diagnóstico da fertilidade e características do solo onde o experimento foi conduzido, conforme tabela 3.

Tabela 3: Caracterização do solo da camada 0 – 20 cm, após a o plantio do alho. Curitibanos, SC, 2023.

| Argila % | M.O g dm⁻³ | pH H₂O | V % | CTC efetiva cmolc dm⁻³ |
|---------------------------------------|--|---|---|--|
| 87,0 | 14,00 | 6,3 | 87,74 | 10,05 |
| P mg dm⁻³ | K cmolc dm⁻³ | Ca cmolc dm⁻³ | Mg cmolc dm⁻³ | Al cmolc dm⁻³ |
| 3,0 | 0,716 | 7,29 | 2,04 | 0,00 |

MO = Matéria orgânica; V = Saturação por bases. ⁽¹⁾ Combustão úmida; ⁽²⁾ Mehlich.

Fonte: Autor.

Na implantação do experimento foi utilizado o preparo convencional do solo, sistema usado na maioria dos cultivos de alho, sendo feita aração, gradagem e para formação dos canteiros realizado a operação com a encanteiradora.

O experimento foi implantado no dia 25 de julho de 2023. A cultivar de alho utilizada foi a Ito que apresenta ciclo longo na região sul, e formação de 8 a 11 bulbilhos por bulbo. Apresenta alta exigência a fotoperíodo e para a bulbificação necessita de temperaturas baixas. A cultivar pertence ao grupo das variedades de alho nobre roxo (Resende; Pereira, 2012). Os bulbilhos passam pela vernalização, técnica onde o alho-semente é armazenado em câmara fria com temperatura de 3 a 5°C, por um período de 40-60 dias e umidade relativa do ar entre 70 e 80% (Lopes *et al.*, 2016).

O plantio do alho foi realizado de forma manual, em três fileiras duplas por canteiro, com espaçamentos de 0,30m, 0,10m x 0,10m entre bulbilhos, e cada parcela medindo 1,20m x 2m (2,4 m²). A área total do experimento somou 105,6 m². Os tratos culturais e a adubação que

foram utilizados seguiram as recomendações para a cultura do alho, as quais são tradicionalmente utilizadas na propriedade.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento do experimento foi em blocos casualizados (DBC), com nove tratamentos com quatro repetições. Cada repetição foi representada por um canteiro. Dentre os tratamentos haviam duas testemunhas: uma com capina, com o propósito de ser modelo padrão da máxima produtividade e a outra sem capina usada para auxiliar nas avaliações de porcentagem de controle. Os demais tratamentos consistiram de diferentes herbicidas ou doses de herbicidas. Na tabela 4, são apresentados os tratamentos, bem como, as doses dos herbicidas que foram aplicados na pós-emergência da cultura.

Tabela 4:Herbicidas e doses utilizadas no experimento

| Tratamento | Herbicida | Dose (g ha⁻¹ i.a.) | Produto comercial (p.c.) | Dose (p.c. ha⁻¹) |
|-------------------|------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| 1 | ioxynil | 75 | Fico | 300 mL |
| 2 | ioxynil + pendimethalin | 75 + 1820 | Fico + Prowl H ₂ O | 300 mL + 4,0 L |
| 3 | ioxynil + pyroxasulfone | 75 + 100 | Fico + Yamato | 300 + 200 mL |
| 4 | fomesafen | 37,5 | Flex | 0,15 L |
| 5 | fomesafen | 75,0 | Flex | 0,30 L |
| 6 | s-metolachlor + fomesafen | 258,9 + 56,9 | Eddus | 0,5 L |
| 7 | prometrina | 250 | Gesagard | 0,5 L |
| 8 | testemunha sem capina | - | - | - |
| 9 | testemunha capinada | - | - | - |

Fonte: Autor.

Cada parcela recebeu três aplicações dos herbicidas apresentados na Tabela 4, sendo a primeira aplicação aos 20 dias após o plantio (DAP); segunda aplicação, quando o alho estava no estágio v4 (37 dias após o plantio) e a terceira aplicação, estágio v6 (66 dias após o plantio).

As aplicações dos herbicidas foram realizadas com um pulverizador costal, pressurizado à CO₂ equipado com pontas de jato plano com indução de ar modelo AI110015, com espaçamento de 0,50 m. A pressão de trabalho utilizada foi de 2 BAR e velocidade de deslocamento de 1 m s⁻¹, resultando em uma taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹. As condições climáticas no momento de cada aplicação (Tabela 5), foram obtidas a partir do medidor Termo Hígro Anemômetro Luxímetro, digital Modelo Skthal-01.

Tabela 5: Condições climáticas no momento de cada aplicação.

| CONDIÇÕES CLIMÁTICAS | | | | |
|------------------------------|-----------|-------------|--------|--|
| APLICAÇÃO /DATA | HORÁRIO | TEMPERATURA | UR (%) | VELOCIDADE VENTO (km h ⁻¹) |
| 1 ^a 16/08/2023 | 10h 00min | 21,9°C | 56,3 | 8,5 |
| 2 ^a 01/09/2023 | 7h 50min | 14,4°C | 79,2 | 10,0 |
| 3 ^a 22/09/2023 | 7h 30min | 28,9°C | 50,0 | 0,6 |

UR(%)= Umidade Relativa.

Fonte: Autor.

Os parâmetros avaliados foram controle das plantas daninhas e fitointoxicação da cultura, seguindo as escalas propostas pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995). O controle foi avaliado por meio da análise visual através de escala de 0-100%, em que zero significa ausência de danos causados pelo herbicida e 100, morte total das plantas. A fitointoxicação foi avaliada através da análise visual de injúria utilizando escala de 0-100%, em que zero significa ausência de danos causados pelo herbicida e 100, morte total das plantas (SBCPD, 1995). As avaliações de controle das plantas daninhas e fitointoxicação foram realizadas aos sete e 15 dias após cada aplicação do herbicida.

Ao final do ciclo da cultura, foi avaliado a altura de planta (cm) e realizado a colheita manual destas plantas. Foi colhido um metro linear da fileira central de cada parcela. Após a colheita este alho foi para uma bancada de fundo vazado em casa-de-vegetação e passado pelo processo de cura. Após o processo de cura, a parte aérea e raiz foram cortadas com tesoura de poda, e então os bulbos de alho foram classificados.

A classificação do alho levou em consideração o maior diâmetro transversal do bulbo, conforme portaria do MAPA Nº 435, de 18 de maio de 2022 (MAPA, 2022) (Tabela 6).

Tabela 6: Classificação do alho em calibres, portaria N° 435.

| Calibre | Maior diâmetro transversal (mm) |
|----------------|--|
| 1 | Menor ou igual a 20 |
| 2 | 21 - 30 |
| 3 | 31 - 40 |
| 4 | 41 - 45 |
| 5 | 46 - 50 |
| 6 | 51 - 55 |
| 7 | 56 - 60 |
| 8 | 61 - 65 |
| 9 | Maior ou igual a 66 |

Fonte: MAPA, (2022).

Após a determinação das classes dos bulbos, esses foram pesados separadamente, em balança de precisão, e então foi determinada a produtividade de bulbos por classes e a produtividade total de bulbos.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, através da análise de variância e teste de agrupamentos de Scott Knott, ambos a 5% de probabilidade, no software estatístico Sisvar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na lavoura comercial onde o experimento foi conduzido, na safra 2023 a planta daninha predominante na área foi a nabiça (*Raphanus raphanistrum*), com densidade média 18 plantas m⁻². A nabiça é uma planta daninha de grande predominância nas lavouras de alho do sul do País, apresenta vários fluxos de emergência que coincide com a época de plantio da cultura do alho. Segundo Lucini (2009), a nabiça tem uma grande capacidade de infestação, apresenta crescimento rápido e não morre com a geada, por se tratar de uma planta anual de inverno.

Foi possível notar diferença significativa entre os tratamentos considerando o controle da nabiça nas diferentes avaliações (Tabela 7).

Tabela 7: Controle (%) de *Raphanus raphanistrum* após a aplicação de herbicidas na pós-emergência do alho. Curitiba, SC, 2023.

| Tratamento | 7DAA1 ^a | 15DAA1 ^a | 7DAA2 ^a | 15DAA2 ^a | 7DAA3 ^a | 15DAA3 ^a |
|---------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| ioxynil | 96,25 a | 95,00 a | 84,75 b | 83,75 b | 84,25 b | 87,50 b |
| ioxynil + pendimethalin | 96,25 a | 95,00 a | 97,50 a | 98,75 a | 97,50 a | 98,75 a |
| ioxynil + pyroxasulfone | 98,50 a | 99,00 a | 98,50 a | 99,75 a | 100,0 a | 100,0 a |
| fomesafen – 37,5 | 90,50 a | 89,50 a | 88,76 b | 88,75 b | 90,50 b | 91,50 b |
| fomesafen – 75,0 | 95,25 a | 93,75 a | 91,00 b | 96,75 a | 95,75 a | 94,50 a |
| s-metolachlor + fomesafen | 100,0 a | 100,0 a | 99,75 a | 100,0 a | 100,0 a | 99,50 a |
| prometrina | 96,00 a | 95,00 a | 89,25 b | 87,50 b | 87,00 b | 88,75 b |
| testemunha sem capina | 0,00 b | 0,00 b | 0,00 c | 0,00 c | 0,00 c | 0,00 c |
| testemunha capinada | 100,0 a | 100,0 a | 100,0 a | 100,0 | 100,0 a | 100,0 a |
| CV(%) | 6,03 | 8,28 | 11,62 | 11,44 | 10,58 | 8,53 |

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, segundo o teste de agrupamento de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

CV (%): Coeficiente de variação. DAA: Dias após a aplicação.

Fonte: Autor.

Foi constatado que todos os herbicidas apresentaram nível de controle igual ou superior a 89,5% na avaliação aos sete e 15 dias após a primeira aplicação. Nestas avaliações notou-se que todos os herbicidas promoveram controle semelhante a testemunha capinada.

Na avaliação de sete dias após a segunda aplicação o tratamento com ioxynil + pendimethalin apresentou controle de 97,5%, ioxynil + pyroxasulfone 98,5%, fomesafen - 75,0g 91% e s-metolachlor + fomesafen 99,75%, apresentaram níveis de controle maiores que 91% sendo os mais próximos a testemunha capinada. Os tratamentos ioxynil, fomesafen - 37,5g e prometrina foram eficientes, mas apresentaram controle entre 80 e 90%.

A partir dos resultados obtidos é importante destacar que os tratamentos com controle $\geq 80\%$ são considerados satisfatórios (SBCPD, 1995). Nas avaliações tanto sete como quinze dias após a última aplicação os herbicidas apresentaram controle acima de 80% sobre *R. raphanistrum*.

Todavia, na última avaliação aos 15 DAA3^a os tratamentos mais eficazes para *R. raphanistrum* foram aqueles que não apresentaram diferença significativa em comparação com a testemunha capinada, sendo ioxynil + pendimethalin, ioxynil + pyroxasulfone, fomesafen (75g ha⁻¹) e s-metolachlor + fomesafen.

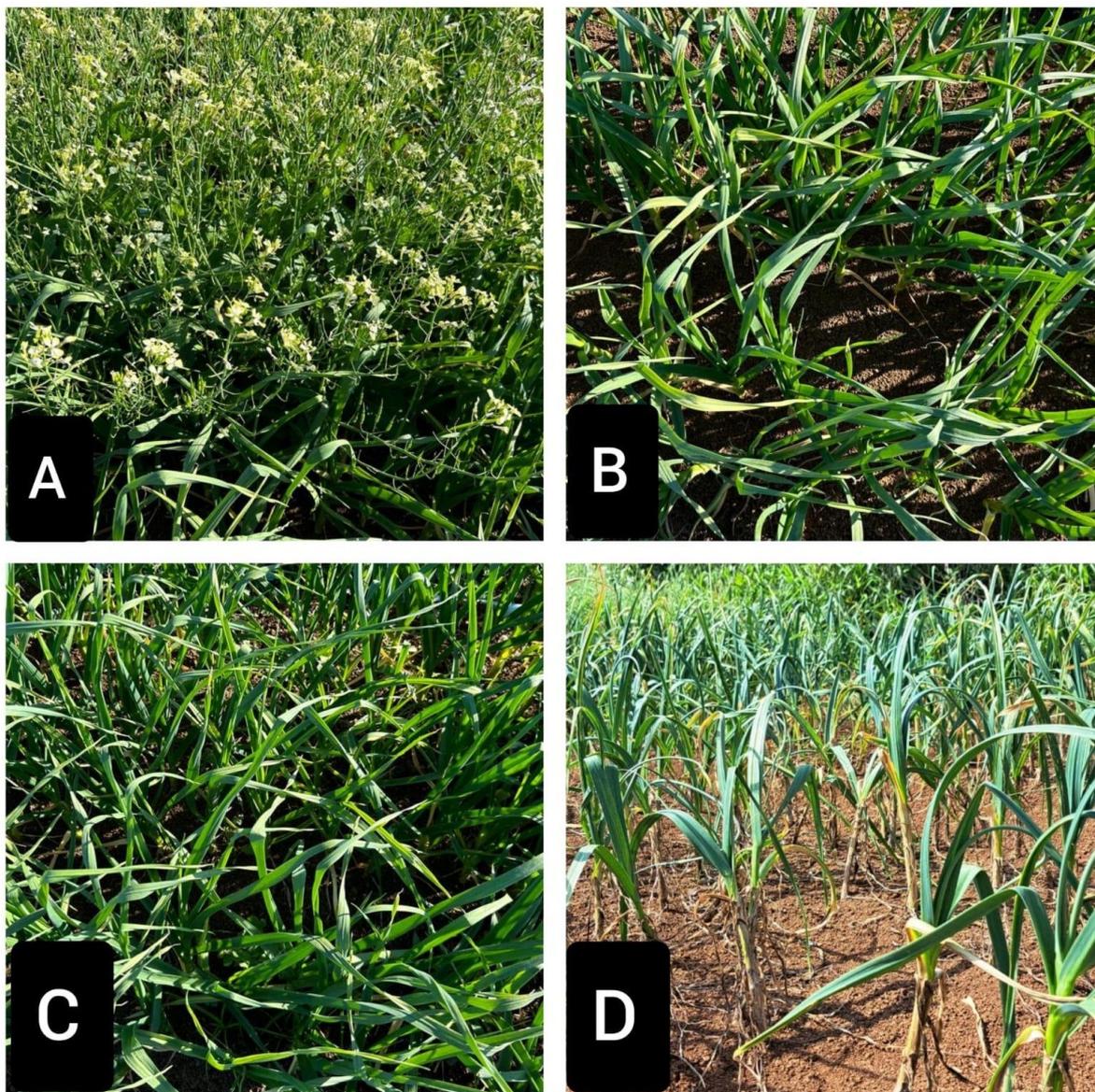
As moléculas ioxynil e pendimethalin já apresentam registro e ambas são amplamente utilizadas na cultura do alho, conforme Barbosa (2021) o ioxynil, um inibidor do fotossistema II (FSII), é o único herbicida registrado para aplicação em pós-emergência na cultura do alho, especialmente para o controle de plantas daninhas de folhas largas.

A eficácia no controle de *R. raphanistrum* também se deve à combinação das moléculas dos herbicidas. Nos tratamentos ioxynil + pendimethalin e ioxynil + pyroxasulfone, o ioxynil foi associado a um herbicida de pré-emergência, pendimethalin e pyroxasulfone, respectivamente. No tratamento S-metolachlor + fomesafen, a molécula fomesafen (inibidor da PROTOX) foi combinada com o pré-emergente S-metolachlor. A utilização dessas combinações com herbicidas com ação de pré-emergência resultou na redução do fluxo de emergência, enquanto os herbicidas pós-emergentes foram eficazes no controle das plantas já emergidas.

O ingrediente ativo fomesafen isolado, bem como em mistura com o S-metolachlor, e a mistura que incluiu o pyroxasulfone demonstraram alta eficácia no controle de *R. raphanistrum*. No entanto, é importante observar que estas moléculas não possuem registro para uso na cultura do alho, conforme constatado no AGROFIT (2024), mas pode ser uma alternativa futura, considerando a variável porcentagem no controle de *R. raphanistrum*.

A agressividade da planta de *R. raphanistrum* é notável ao comparar a testemunha sem capina com alguns dos tratamentos (Figura 1). Essa planta daninha apresenta elevada capacidade competitiva. Franceschetti *et al.* (2019), avaliaram a convivência entre a cebola com o azevém e o nabo (*Raphanus* sp.) e verificaram que nabo foi mais prejudicial para a cebola do que com o azevém, levando a maior redução da altura, diâmetro do caule, área foliar e massa seca da parte aérea da cebola.

Figura 1: Controle de *Raphanus raphanistrum* após três aplicações de herbicidas na pós-emergência do alho. a) Testemunha sem capina; b) Ioxynil + pyroxasulfone; c) Ioxynil + pendimethalin; d) S-metolachlor + Fomesafen.



Fonte: Autor.

Os resultados de porcentagem de fitointoxicação provocadas pelos herbicidas estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Fitointoxicação (%) de plantas de alho após aplicação de herbicidas na pós-emergência. Curitiba, SC, 2023.

| Tratamento | % Fitointoxicação | | | | | |
|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | 7DAA1 ^a | 15DAA1 ^a | 7DAA2 ^a | 15DAA2 ^a | 7DAA3 ^a | 15DAA3 ^a |
| ioxynil | 3,00 c | 3,00 c | 3,50 d | 0,00 d | 0,00 e | 0,00 e |
| Ioxynil + Pendimethalin | 3,00 c | 4,00 c | 4,00 d | 0,00 d | 0,00 e | 7,50 d |
| ioxynil + pyroxasulfone | 3,50 c | 4,00 c | 5,50 d | 3,00 c | 6,00 d | 19,50 c |
| Fomesafen – 37,5g | 6,50 b | 7,25 b | 8,50 c | 7,25 b | 20,75 c | 17,50 c |
| Fomesafen – 75,0g | 7,75 b | 7,75 b | 14,25 b | 8,50 b | 31,50 b | 16,50 c |
| S-metolachlor +fomesafen | 27,00 a | 25,00 a | 27,00 a | 29,25 a | 51,75 a | 43,75 a |
| prometrina | 4,50 b | 4,00 c | 4,50 d | 0,00 b | 0,00 e | 0,00 e |
| testemunha sem capina | 0,00 d | 0,00 d | 0,00 e | 0,00 b | 0,00 e | 0,00 e |
| testemunha capinada | 0,00 d | 0,00 d | 0,00 e | 0,00 b | 0,00 e | 0,00 e |
| CV(%) | 25,83 | 27,66 | 33,26 | 36,07 | 20,99 | 30,67 |

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, segundo o teste de agrupamento de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

CV (%): Coeficiente de variação. DAA: Dias após a aplicação.

Fonte: Autor.

Na primeira avaliação, realizada sete dias após a aplicação, a maioria dos herbicidas causou injúrias às plantas de alho. Os tratamentos ioxynil, ioxynil + pendimethalin, ioxynil + pyroxasulfone, fomesafen – 37,5g, fomesafen – 75,0g e prometrina apresentaram porcentagens de fitointoxicação menores que 10% às plantas de alho. No entanto, o tratamento s-metolachlor + fomesafen demonstrou uma fitotoxicidade significativamente mais elevada, atingindo 27% de injúria às plantas de alho na primeira avaliação.

Ao longo das avaliações sequenciais até a última aplicação, foi possível notar que os tratamentos fomesafen – 37,5g, fomesafen – 75,0g e s-metolachlor + fomesafen, exibiram uma

elevada porcentagem de injúrias. Ultrapassando 50% de fitotoxicidade após a terceira aplicação para a mistura formulada de s-metolachlor + fomesafen. Em estudos conduzidos por Reis *et al.* (2020), nos quais o herbicida fomesafen foi aplicado em pré-emergência um dia antes do plantio foi verificado injúrias de até 40% na cultura do alho.

Nos tratamentos que possuíam o ingrediente ativo fomesafen houve necrose e redução da área foliar das plantas de alho (figura 2), devido a injuria causada pelo herbicida.

Figura 2: Fitotoxicidade de s-metolachlor + fomesafen em plantas de alho.



Fonte: Autor.

Na tabela 9 são apresentados os resultados de altura e produtividade, onde percebe-se diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 9: Altura (cm) e produtividade (kg ha⁻¹) de plantas de alho após aplicação de herbicidas na pós-emergência. Curitiba, SC, 2023.

| Tratamento | Altura (cm) | Produtividade (kg ha⁻¹) |
|---------------------------|--------------------|---|
| ioxynil | 78,50 a | 11632,80 a |
| ioxynil + pendimethalin | 75,50 a | 12074,50 a |
| ioxynil + pyroxasulfone | 68,75 b | 11145,00 a |
| Fomesafen – 37,5 | 70,25 b | 8518,20 b |
| Fomesafen – 75,0 | 70,25 b | 8212,00 b |
| s-metolachlor + fomesafen | 62,25 c | 4596,50 c |
| prometrina | 73,75 a | 10863,95 a |
| testemunha sem capina | 75,00 a | 5657,60 c |
| testemunha capinada | 73,00 a | 11696,50 a |
| CV(%) | 4,34 | 15,43 |

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, segundo o teste de agrupamento de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

CV (%): Coeficiente de variação. DAA: Dias após a aplicação.

Com base na Tabela 9, observa-se que para a variável altura, as plantas de alho dos tratamentos ioxynil, ioxynil + pendimethalin e prometrina apresentaram altura superior a 73 cm, não se distinguindo da testemunha. Plantas com altura entre 68 e 70 cm foram observadas nos tratamentos ioxynil + pyroxasulfone, fomesafen – 37,5g e fomesafen – 75,0g. Por outro lado, o tratamento s-metolachlor + fomesafen demonstrou a menor altura de planta, com as plantas alcançando 62 cm, sendo o tratamento que também proporcionou a maior fitointoxicação, onde era de fácil visualização a diferença de altura e redução da área foliar das plantas de alho.

A produtividade apresentou variação entre os diferentes tratamentos. Os tratamentos ioxynil, ioxynil + pendimethalin, ioxynil + pyroxasulfone, prometrina e testemunha capinada tiveram produtividade acima de 10680 kg ha⁻¹.

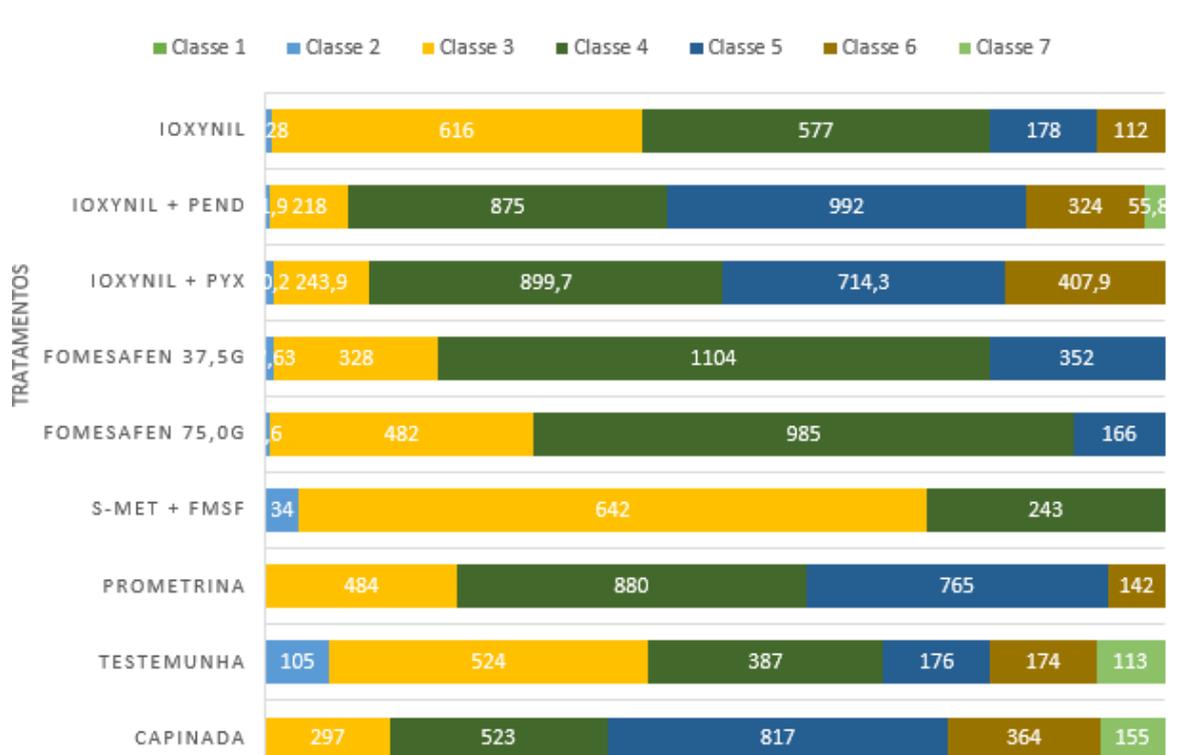
A testemunha sem capina registrou uma produtividade de 5600 kg ha⁻¹. As produtividades mais próximas da testemunha foram encontradas nos seguintes tratamentos:

fomesafen-37,5g (8518 kg ha⁻¹), fomesafen 75,0g (8212 kg ha⁻¹) e s-metolachlor + fomesafen (4596 kg ha⁻¹).

A maior produtividade foi obtida no tratamento ioxynil + pendimethalin (12074 kg ha⁻¹). A menor produtividade foi observada no tratamento s-metolachlor + fomesafen, apesar de ter apresentando um controle eficiente sobre *R. raphanistrum*, foi o tratamento que reduziu a altura de planta, diminuindo área foliar e reduzindo a taxa de fotossíntese do alho. A baixa produtividade se deve ao alto grau de fitointoxicação causada por estes ingredientes ativos. O tratamento s-metolachlor + fomesafen comparado com a testemunha capinada resultou em uma redução na produtividade de 39%.

Os tratamentos influenciaram no tamanho dos bulbos de alho, a distribuição da produtividade dos bulbos em cada uma das classes é apresentada na figura 3.

Figura 3: Classes de alho (%) segundo o diâmetro de bulbos após três aplicações de herbicidas, Curitiba, SC, 2023.



PEND: Pendimethalin. PYX: Pyroxasulfone. S-MET: S-metolachlor. FMSF: Fomesafen.

Fonte: De autoria própria.

Conforme a figura 3 é possível observar a distribuição da produtividade dos bulbos de alho em função das classes (%) conforme a portaria do MAPA N° 435, de 18 de maio de 2022

(tabela 6). Os tratamentos fomesafen – 37,5g, fomesafen – 75,0g, s-metolachlor + fomesafen e prometrina reduziram a proporção de bulbos classes 5, 6 e 7.

Os tratamentos contendo fomesafen (37,5 e 75,0g) reduziram o tamanho de bulbo, sendo obtido apenas 19,6 e 10,1% de bulbos de classe 5, e não encontrado bulbos das classes 6 e 7. No tratamento s-metolachlor + fomesafen 69% foram de bulbos classe 3 e 26% bulbos classe 4, não apresentando bulbos maiores que classe 4. No estudo realizado por Ojeda *et al.* (2019) com S-metolachlor nas doses de 480, 960, 1.440 e 1.920 g. i.a.ha⁻¹ aplicados através da técnica de herbificação, no estágio vegetativo de quatro a seis folhas da cultura da cebola (*Allium cepa L.*) transplantada, o herbicida S-metolachlor não ocasionou injúrias visuais sobre as plantas de cebola e não afetou as variáveis diâmetro transversal, altura e produtividade de bulbos. O tratamento prometrina teve 6,3% de bulbos classe 5, 33,7% bulbos classe 4, 38% classe 3 e o restante bulbos inferiores. Na cultura do alho Barbosa (2021) avaliou em pós emergência o uso de prometrina (300 mL ha⁻¹) onde as plantas de alho apresentaram o menor diâmetro do pseudocaule (mm) em relação a testemunha.

A maior produtividade de bulbos de maior calibre foi encontrada nos tratamentos com ioxynil (24,8% classe 5 e 7,7% classe 6 e 4,48% classe 7), ioxynil + pendimethalin (40% classe 5, 13,1% classe 6 e 2,3% classe 7) e ioxynil + pyroxasulfone (31,2% classe 5, 17,8% classe 6), sendo os mais próximos a testemunha capinada.

Ioxynil, ioxynil + pendimethalin, ioxynil + pyroxasulfone, fomesafen – 37,5g, fomesafen – 75,0g, s-metolachlor + fomesafen e prometrina foram eficientes no controle de *R. raphanistrum*. Destes tratamentos somente ioxynil, ioxynil + pendimethalin, ioxynil + pyroxasulfone não afetaram a altura das plantas de alho, diâmetro de bulbos e tiveram produtividade semelhante a testemunha capinada. Os tratamentos com fomesafen foram eficientes no controle *R. raphanistrum*, no entanto, afetaram consideravelmente a produtividade, doses menores do ingrediente ativo fomesafen poderiam ser testadas, buscando minimizar os efeitos negativos sobre as plantas de alho e ainda assim estar realizando um controle eficiente.

Os tratamentos ioxynil, ioxynil + pendimethalin, ioxynil + pyroxasulfone foram seletivos as plantas de alho, destes apenas o ingrediente ativo pyroxasulfone não possui registro para a cultura, conforme AGROFIT (2024). Este é um herbicida utilizado na pré-emergência em diversas culturas, seu desempenho combinado com um herbicida de pós-emergência pode ser uma alternativa para o controle das plantas daninhas da cultura do alho.

5. CONCLUSÕES

Os herbicidas fomesafen e fomesafen + s-metolachlor, tiveram alto nível de controle de *R. raphanistrum* em pós emergência. No entanto, sua aplicação resultou em um elevado nível de injúria e impacto negativo na produtividade, indicando a falta de seletividade para o alho.

O melhor controle de *R. raphanistrum*, seletividade para a planta de alho e produtividade foi obtido nos tratamentos ioxynil, ioxynil + pendimethalin e ioxynil + pyroxasulfone.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Brasil: 2023. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acessado em: 15/04/2024.
- ANAPA. **Anvisa aprova registro do herbicida FICO para as culturas de alho e cebola**. ANAPA, 2022a. Disponível em: <<https://anapa.com.br/anvisa-aprova-registro-do-herbicida-fico-para-as-culturas-de-alho-e-cebola/>>. Acessado em: 09/07/2023.
- ANAPA. **Campanha “Brasil Temperado” já surte efeito**. ANAPA, 2022b. Disponível em: <<https://anapa.com.br/campanha-brasil-temperado-ja-surte-efeito/>>. Acessado em: 12/07/2023.
- ANAPA. **China vende alho barato e ameaça 150 mil empregos no Brasil**. ANAPA, 2019. Disponível em: <<https://anapa.com.br/china-vende-alho-barato-e-ameaca-150-mil-empregos-no-brasil-diz-associacao/>>. Acessado em: 04/05/2024.
- BARBOSA, Amanda Rocha. **Prospecção de herbicidas em pós-emergência na cultura do alho (*Allium sativum* L.)**. Rio Paranaíba, MG, 2021.
- BÜLL, Leonardo T. *et al.* Fertilização potássica na cultura do alho vernalizado. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 157-163, 2001.
- CARVALHO, Leonardo Bianco. **Herbicidas**, Lages, SC, 2013, 62 p.
- CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Atlas climático da região sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011, 333 p
- EPAGRI. **Santa Catarina é o terceiro maior produtor de alho do país**. 2021. Disponível em: <<https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2021/05/04/santa-catarina-e-o-terceiro-maior-produtor-de-alho-do-pais/>>. Acessado em 13/08/2023.
- EPAGRI/CEPA, **Boletim agropecuário nº 123 de agosto de 2023**, Florianópolis, SC. 2023. Disponível em: <<https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/ba/article/view/1741/1589>>. Acessado em: 03/08/2023.
- FECAM - Federação de Consórcios, Associações de Municípios e Municípios de Santa Catarina, **Desafios e perspectivas da produção de alho em Santa Catarina**. Florianópolis, SC. 2023. Disponível em: <https://cdn-fecam.gestorlged.com.br/wp-content/uploads/2023/01/ADM_FECAM_20230123_OF040_Desafios-e-perspectivas-da-producao-de-alho-em-Santa-Catarina..pdf>. Acessado em: 03/08/2023.

- FILGUEIRA, Fernando. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 a edição. Viçosa: UFV. 418p, 2012.
- FRANCESCHETTI, Milena. B. *et al.* **Competitive Interaction between Weeds and Onion Crop**. International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS), vol. 6, n. 7, p. 99-104, 2019.
- GARCIA, D. *et al.* Controle de plantas daninhas e seletividade de herbicidas em alho. **Ciência Rural**, v. 24, 453-457 p., 1994.
- GAZZIERO, Dionisio. L. P.; NEUMAIER, Norman. **Sintomas e diagnose de fitotoxicidade de herbicidas na cultura da soja**. Londrina, PR: EMBRAPA-CNPSO, 1985, 56 p.
- GONÇALVES, A. H. **Manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Editora UFV, 2017, 148-158 p.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agropecuária**. Rio de Janeiro: 2021. Disponível em: <>. Acessado em: 08/09/2023.
- LOPES, Welder A. R. *et al.* **Produção de alho submetido a períodos de vernalização e épocas de plantio em região de clima semiárido**. Horticultura Brasileira 34: 249-256, 2016.
- LUCINI, Marco Antônio. **Etapas na cultura do alho nobre em curitibanos**. Curitiba, SC: Epagri, 2004, 8 p.
- LUCINI, M. A. **Alho: Manual Prático de Produção**. Curitiba/SC; 2ª ed, p. 70-72, 138 p., 2003.
- LUCINI, M. A. **Principais plantas daninhas na cultura do alho em Santa Catarina**. Curitiba/SC, 2009. 6p. disponível em: <<https://www.yumpu.com/pt/document/read/13035737/principais-plantas-daninhas-na-cultura-do-alho-em-santa-anapa>>. Acessado em: 08/09/2023.
- MACÊDO, F. S.; SOUZA, R. J.; PEREIRA, G. M. Controle de superbrotamento e produtividade de alho vernalizado sob estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 629-635, 2006.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria MAPA N° 435, de 18 de maio de 2022**. Ed. 94. 2022. Disponível em: <[PORTARIA MAPA N° 435, DE 18 DE MAIO DE 2022 - PORTARIA MAPA N° 435, DE 18 DE MAIO DE 2022 - DOU - Imprensa Nacional \(in.gov.br\)](https://www.gov.br/ma/pt/brasil/2022/05/portaria-mapa-n-435-de-18-de-maio-de-2022)>. Acessado em 07/08/2023.
- MARCHI, Giuliano. **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2008.

- MAROUELLI, W. A.; LUCINI, M. A. Manejo de irrigação na cultura do alho. **Agropecuária Catarinense**, [S. l.], v. 26, n. 3, p. 46–49, 2020. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/617>. Acessado em: 30/08/2023.
- MASCARENHAS, M. H. T.; SATURNINO, H. M.; SOUZA, R. J. Controle de plantas daninhas na cultura do alho (*Allium sativum* l.) através da combinação de herbicidas residuais com glyphosate. **Planta daninha**, v. 3, n. 2, p.68-74, 1980.
- MOROZINI, João Francisco *et al.* A Viabilidade econômica do plantio do alho. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2005, 14 p.
- MOTA, José H. *et al.* Características morfológicas e produtivas de cultivares de alho (*Allium sativum* L.) do grupo semi-nobre. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, 2003.
- OJEDA, Pedro A. V. *et al.* **APLICAÇÃO DE S-METOLACHLOR E FLUMIOXAZIN POR IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA CEBOLA TRANSPLANTADA**. XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, Campinas - SP, Brasil, 2019
- OLIVEIRA JR, Rubem Silvério de. **Mecanismos de Ação de Herbicidas**. Biologia e manejo de plantas daninhas, 2011, 170 p.
- RADZINSKI, Angela S. **Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do alho**. Curitiba, SC, 46 p. 2022.
- REIS, Marcelo R. *et al.* **INJURIAS CAUSADAS POR RESIDUAL DE HERBICIDAS NA CULTURA DO ALHO**. Boletim Técnico 03. Rio Paranaíba, MG. 2020
- RESENDE, G. M.; PEREIRA, A. J. **Colheita, pós-colheita, comercialização e industrialização**. Brasília, DF: Embrapa-CNPQ, 2009.
- RESENDE, F.V.; HABER, L.L.; PINHEIRO, J. B. **A cultura do alho**, EMBRAPA hortaliças: Brasília-DF, 2015, 35 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355126/9124396/Sistema+de+Produ%C3%A7%C3%A3o+de+Alho/64258d94-6bb8-4826-a0e9-ece47aa434ff>. Acessado em 09/06/2023
- RESENDE, F. V. *et al.* **Como plantar alho**. EMBRAPA hortaliças. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortaliças/alho/alho-semente>. Acessado em: 08/09/2023.
- ROMAN, Erivelton Scherer *et al.* **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Berthier, 2007.
- ROSA, Rodrigo. **Caracterização Fenológica da Cultura do Alho**. Curitiba, SC, 55p. 2015.
- SANCHOTENE, Danie Martini *et al.* Desempenho de diferentes herbicidas pré-emergentes para controle de *Euphorbia htererophylla* na cultura da soja. **Perspectiva Erechim**, v. 41, 07-15 p., 2017.

SBCPD - SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS.
Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas.
Londrina. p. 42, 1995.

SOBRINHO, José A. M. *et al.* **Cultura do alho.** Brasília: EMBRAPA-CNPH, 1993. 50p.

TRANI, P.E. **Cultura do alho (*Allium sativum*): Diagnóstico e recomendações para seu cultivo no Estado de São Paulo.** 2009. Disponível em:
<http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/alho/index.htm>. Acessado em: 04/09/2023