

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

BIOINSETICIDA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL E ECONÔMICA

Cláudio César Koch

DOURADOS-MS
2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

BIOINSETICIDA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL E ECONÔMICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia, para obtenção do Título de Mestre em Agronegócios.

Linha de pesquisa: Bioeconomia

Discente: Cláudio César Koch

Orientador (a): Prof.(a) Dr(a). Juliana Rosa Carrijo Mauad

Coorientador (a): Prof(a). Dr(a). Rosilda Mara Mussury Franco da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Vinicius da Silva

DOURADOS-MS

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

K76b Koch, Claudio Cesar

BIOINSETICIDA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL E ECONÔMICA [recurso eletrônico] / Claudio Cesar Koch. -- 2026.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Juliana Rosa Carrijo Mauad.

Coorientadores: Rosilda Mara Mussury Franco da Silva, Paulo Vinicius da Silva.

Dissertação (Mestrado em Agronegócios)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2026.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Azadirachta indica. 2. Bioeconomia. 3. Bioextratos. 4. Custo-benefício. 5. Inseticida natural. I. Mauad, Juliana Rosa Carrijo. II. Silva, Rosilda Mara Mussury Franco Da. III. Silva, Paulo Vinicius Da. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA POR CLÁUDIO CÉSAR KOCH, ALUNO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO "AGRONEGÓCIOS E SUSTENTABILIDADE".

Aos vinte e dois dias do mês de janeiro do ano de dois mil e vinte e seis, às quatorze horas, em sessão pública, realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados, a Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada **"BIOINSETICIDA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL E ECONÔMICA"**, apresentada pelo mestrando Cláudio César Koch, do Programa de Pós-graduação em Agronegócios, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof.^a Dr.^a Juliana Rosa Carrijo Mauad/UFGD (presidente/orientadora), Prof. Dr. Rafael Martins Noriller/UFGD (membro titular interno), Prof.^a Dr.^a Andressa Caroline Foresti/SED-MS (membro titular externo). Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer ao candidato e aos integrantes da banca as normas a serem observadas na apresentação da Dissertação. Após o candidato ter apresentado a sua Dissertação, os componentes da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo sido o candidato considerado APROVADO. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados/MS, 22 de janeiro de 2026.

Documento assinado digitalmente
gov.br JULIANA ROSA CARRIJO MAUAD
Data: 25/01/2026 21:39:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Juliana Rosa Carrijo Mauad
Presidente/orientadora

Documento assinado digitalmente
gov.br RAFAEL MARTINS NORILLER
Data: 26/01/2026 11:23:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rafael Martins Noriller
Membro Titular Interno

Documento assinado digitalmente
gov.br ANDRESSA CAROLINE FORESTI
Data: 26/01/2026 12:19:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Andressa Caroline Foresti
Membro Titular Externo

(PARA USO EXCLUSIVO DA PROPG)

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação aos meus pais que, mesmo diante de muitas limitações financeiras, me deram a oportunidade de cursar um curso técnico e sempre me incentivaram a continuar estudando, caminho que me permitiu alcançar melhores condições de vida. Dedico também à minha esposa Francieli, companheira na essência da palavra, que me proporcionou construir uma família da qual me orgulho e que sempre me incentivou a assumir este desafio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, acima de tudo, pela sabedoria e pela persistência concedida para a boa condução desta etapa. Os desafios foram muitos, e a sensação de incapacidade se faz presente em alguns momentos, mas a fé nos ajuda a persistir e a encontrar uma forma de conduzir todo o processo.

Agradeço imensamente à Professora Dra. Juliana Rosa Carrijo Mauad, minha orientadora, pelo apoio, paciência e ensinamentos, e, principalmente, por enxergar meu potencial e ter aceitado me acompanhar nesta jornada. Suas orientações e conhecimentos foram fundamentais para a finalização deste desafio. Obrigado pelo apoio e por compartilhar seu conhecimento e experiência.

Agradeço também à Professora Mara Mussury, coorientadora, pelo suporte e pela paciência. Foram muitas as indagações e indecisões, especialmente quanto à implantação, condução e análise do experimento. Sempre muito acessível, soube conduzir o processo de forma que conseguíssemos encontrar as soluções e respostas necessárias.

Agradeço a toda a minha família, seja pelo apoio moral, seja pela ajuda nos compromissos do dia a dia, me permitindo a dedicação com maior foco às atividades do mestrado. Em especial, agradeço à minha esposa Francieli, que em alguns momentos se sobrecarregou para que eu pudesse ter maior dedicação a este desafio.

Não posso deixar de agradecer a professora Dra. Andressa Caroline Foresti e ao professor Dr. Rafael Martins Noriller, membros da banca examinadora, pelas valiosas contribuições que possibilitaram o aprimoramento deste trabalho. Agradeço ainda aos demais professores do Programa de Agronegócios da UFGD pelos conhecimentos compartilhados, assim como aos meus colegas de turma e a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a concretização deste sonho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	16
2.1. A árvore Neem, compostos ativos e composição química	16
2.2. Aplicações do neem	19
2.3. Derivados do neem e sua utilização na agricultura	22
2.4. Efeitos do Neem sobre os insetos	27
2.4.1. Toxicidade sobre insetos benéficos	30
2.5. Toxicidade para animais de sangue quente e humanos	31
2.6. Cultura da couve	31
2.6.1. Pragas da couve	34
2.6.2. Formas de amostragem e controle de pragas	39
2.7. Método Custo-benefício	41
2.8. Análise de Valor Presente Líquido (VPL)	42
3. MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1. Localização do experimento	43
3.2. Preparo do solo e adubação	44
3.3. Delineamento experimental e tratamentos	45
3.4. Amostragem de pragas	46
3.5. Aplicação dos extratos	47
3.6. Produção dos extratos de neem	48
3.6.1 Extrato aquoso de folha fresca de neem (EAF)	48
3.6.2. Extrato aquoso de folha desidratada de neem (EAP)	48
3.6.3. Extrato Etanólico de folha fresca de neem (EEF)	49
3.7. Produtividade	50
3.8. Dano foliar	51
3.9. Análise estatística	52
3.10. Cálculo de custo-benefício	53
3.11. Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL)	54
4. RESULTADOS	55
4.1. Ocorrência de pragas	56
4.2. Produtividade	58
4.3. Análise de dano foliar através do software ImageJ	62
4.4. Cálculo do índice de custo-benefício	63
4.4.1. Estratificação do benefício adicional resultante dos tratamentos	63

4.4.2. Cálculo dos custos adicionais dos tratamentos.....	64
4.4.3. Índice de custo-benefício.....	67
4.4.4. Valor Presente Líquido (VPL).....	68
5. DISCUSSÃO	69
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
7. REFERÊNCIAS.....	78
Apêndice A – Tabela de cálculo da Análise de variância da população e infestação de pragas	92
Apêndice B – Tabela de cálculo da Análise de variância da produtividade comercializável e total	92
Apêndice C – Tabela de cálculo da Análise de variância da concentração da produtividade nas classes 1,	93
Apêndice D – Mensuração de custos adicionais dos tratamentos	93
Apêndice E – Mensuração do fluxo de caixa incremental referente a cada período dos tratamentos.....	98

BIOINSETICIDA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL E ECONÔMICA

RESUMO - O aumento da preocupação com a qualidade dos alimentos e o uso intensivo de agrotóxicos, especialmente em hortaliças, tem estimulado pesquisas sobre bioinseticidas como alternativa aos inseticidas sintéticos. O neem (*Azadirachta indica*) é reconhecido por seus efeitos inseticidas. Para agricultores familiares, que muitas vezes produzem apenas para subsistência, a produção própria de extratos a partir das folhas de neem surge como alternativa viável, visto a menor disponibilidade de sementes para extração de óleo. O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho e a viabilidade do uso de extratos aquosos e etanólico de folhas de neem no controle de pragas da couve-manteiga, em condições de campo. O experimento foi conduzido entre 01/06/2024 e 10/10/2024, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições e cinco tratamentos: extrato comercial de neem (OC), extrato aquoso de folha fresca (EAF), extrato etanólico de folha fresca (EEF), extrato aquoso de folha desidratada de neem (EAP) e controle (CONT). Foram monitoradas semanalmente as infestações de pragas. As produtividades total e comercializável foram avaliadas em sete colheitas, com a utilização de 3 classes: 1- sem danos, 2- até 5% de perda foliar e 3- perda superior a 5% ou estrutura comprometida. As classes 1 e 2 foram consideradas comercializáveis. O extrato comercial demandou menor número de aplicações (17), em comparação aos produzidos (19). Todos os extratos apresentaram resultados equivalentes entre si e ao comercial, sendo superiores ao tratamento controle, no controle da *Plutella xylostella*, dano foliar e produtividade comercializável. Na análise de viabilidade, o extrato comercial apresentou melhor desempenho pelo custo-benefício (1:41) e pelo VPL (US\$ 38.428,95). Entre os produzidos, o EEF foi o mais viável pelo custo-benefício (1:28,05) e o EAF pelo VPL, enquanto o EAP foi a opção menos interessante. Os resultados indicam que extratos de folhas de neem são eficazes no controle de *Plutella xylostella* na couve e representam alternativa sustentável, especialmente para agricultores familiares, por aliarem eficiência técnica e viabilidade econômica.

Palavras-chave: *Azadirachta indica*, Bioeconomia, Bioextratos, Custo-benefício, Inseticida natural, VPL

BIOINSECTICIDE AS A SUSTAINABLE AND ECONOMICALLY VIABLE ALTERNATIVE

ABSTRACT – The increasing concern regarding food quality and the intensive use of pesticides, especially in vegetable crops, has stimulated research on bioinsecticides as an alternative to synthetic insecticides. Neem (*Azadirachta indica*) is recognized for its insecticidal effects. For smallholder farmers, who often produce primarily for subsistence, the on-farm production of extracts from neem leaves emerges as a viable alternative, given the limited availability of seeds for oil extraction. The present study aimed to evaluate the performance and feasibility of using aqueous and ethanolic extracts of neem leaves for the control of pests in collard greens under field conditions. The experiment was conducted between June 1, 2024, and October 10, 2024, in a completely randomized design, with five replications and five treatments: commercial neem extract (CE), aqueous extract of fresh leaves (AFL), ethanolic extract of fresh leaves (EFL), aqueous extract of dried neem leaves (ADL), and control (CONT). Pest infestations were monitored weekly. Total and marketable yields were evaluated over seven harvests, using three classes: 1 – no damage; 2 – up to 5% leaf loss; and 3 – more than 5% leaf loss or compromised plant structure. Classes 1 and 2 were considered marketable. The commercial extract required a lower number of applications (17), compared to the prepared extracts (19). All extracts showed equivalent results among themselves and relative to the commercial product and were superior to the control treatment in the control of *Plutella xylostella*, leaf damage reduction, and marketable yield. In the feasibility analysis, the commercial extract showed better performance in terms of cost–benefit ratio (1:41) and Net Present Value (US\$ 38,428.95). Among the prepared extracts, EFL was the most viable in terms of cost–benefit ratio (1:28.05) and AFL in terms of Net Present Value, while ADL was the least attractive option. The results indicate that neem leaf extracts are effective in controlling *Plutella xylostella* in collard greens and represent a sustainable alternative, especially for smallholder farmers, as they combine technical efficiency and economic viability.

Keywords: *Azadirachta indica*, Bioeconomy, Bioextracts, Cost–benefit analysis, Natural insecticide, Net Present Value (NPV).

LISTAS DE ABREVIATURAS

AGROFIT - Banco de informações de agrotóxicos suas indicações;
Anvisa - Agência Nacional de Vigilância Sanitária;
APOMS - Associação dos produtores orgânicos de Mato Grosso do Sul;
ATER – Assistência técnica e extensão rural;
CDC – U.S. *Centers for Disease Control and Prevention* (Agência de Controle e Prevenção de Doenças dos Estados Unidos);
Ceasa – Central de abastecimento;
CONT - Tratamento controle (água);
DNA - ácido nucleico que armazena as informações genéticas;
EAF - Extrato aquoso da folha fresca de neem triturada;
EAP - Extrato aquoso de folha desidrata de neem;
EEF - Extrato etanólico de folha fresca de neem triturada;
FC – Fluxo de caixa
Ha – Hectare;
h/H – Hora/homem;
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
K – Fertilizante potássio;
MAPA - Ministério da agricultura e Pecuária;
MIP - manejo integrado de pragas;
N – Fertilizante nitrogênio;
NPK – Fertilizante químico composto por nitrogênio, fósforo e potássio;
OIE - *Office International des Epizooties* ou *World Organisation for Animal Health* (Organização Mundial da Saúde Animal);
OC - Extrato comercial de neem;
ONU - Organização das Nações Unidas;
P – Fertilizante fósforo;
P/V – Proporção peso – volume;
RNA - *Ribonucleic acid* (ácido ribonucleico) molécula que atua na síntese (produção) de proteínas a partir das informações do DNA;
TMA – Taxa mínima de atratividade
UFGD - Universidade Federal da Grande Dourados;
VPL – Valor presente Líquido.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População de pragas e infestação de plantas, de <i>Plutella xylostella</i> e <i>Bemisia tabaci</i> , conforme os dados das amostragens realizadas durante o experimento, considerando os dados após a realização da terceira aplicação dos tratamentos.	57
Tabela 2 - Produtividade média comercial, total (em número de folhas/planta e em kg/planta) e acréscimo da produtividade comercial em relação ao tratamento controle, obtidas através da aplicação de diferentes extratos de neem.	60
Tabela 3 - Concentração da produtividade conforme classificação no momento da colheita (classes 1, 2 e 3), em número de folhas/planta e em kg/planta, gerando a produtividade comercializável (classes 1 e 2) e não comercializável (classe 3).	61
Tabela 4 – Perda média de área foliar por dano de pragas verificado através do software ImageJ (em %).	63
Tabela 5 - Cálculo de benefícios adicionais gerados pelos tratamentos:	63
Tabela 6 - Custos adicionais do tratamento utilizando o extrato aquoso de folha fresca de neem (EAF), em US\$, projetados para a área de 1ha, seguindo as condições e tempo de condução do experimento.	64
Tabela 7 - Custos adicionais do tratamento utilizando o extrato aquoso de folha desidratada de neem (EAP), em US\$, projetados para a área de 1ha, seguindo as condições e tempo de condução do experimento.	65
Tabela 8 - Custos adicionais do tratamento utilizando o extrato etanólico de folha fresca de neem (EEF), em US\$, projetados para a área de 1ha, seguindo as condições e tempo de condução do experimento.	66
Tabela 9 - Custos adicionais do tratamento utilizando o extrato comercial de neem (OC), em US\$, projetados para a área de 1ha, seguindo as condições e tempo de condução do experimento.	67
Tabela 10 - Cálculo do índice de custo-benefício dos tratamentos.	67
Tabela 11 - Fluxo de caixa incremental para cada período, dos tratamentos (em US\$).	68
Tabela 12 - Cálculo do VPL incremental dos tratamentos (em US\$/ha).	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Partes vegetativas do neem. A - árvore de neem com 20 anos; B - folhas e flores; C – frutos imaturos; e D – sementes de neem.....	17
Figura 2 - Representação do mapa do Brasil de acordo com os valores de produção de couve (em mil reais).	32
Figura 3 - Imagens de <i>Plutella xylostella</i> . A – Mariposa adulta; B – ovos; C – lagarta; D – Pupa; E – Folha danificada com presença da larva; e F – planta consumida.	35
Figura 4 - Imagens da Lagarta falsa-medideira – <i>Trichoplusia ni</i> . A – Mariposa adulta; B – ovo; C – lagarta e dano; D – dano; e E - pupa.	36
Figura 5 - Broca-da-Couve. A - Lagarta; B - Adulto.....	37
Figura 6 - Curuquerê-da-couve. A - Adulto; B - Ovos; C - Lagarta; D e E - Pupa.	38
Figura 7 - Resultados da análise de solo realizada.....	44
Figura 8 - Folhas consideradas para a amostragem.	46
Figura 9 - Ilustração das folhas a serem colhidas ou deixadas na planta no momento da colheita.	50
Figura 10 - Folhas iniciais desconsideradas para a colheita.	51
Figura 11 - Frequência de aplicações dos tratamentos.....	55

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação da sociedade com o consumo de alimentos livres de substâncias químicas, sintéticas e tóxicas tem demandado práticas produtivas mais sustentáveis e consequentemente alimentos mais seguros (Kumar *et al.*, 2022). Durante a revolução verde, a busca mundial pelo aumento da produção de alimentos, desencadeou a evolução da mecanização agrícola e uso de insumos químicos, assim como a disseminação do uso intensivo de pesticidas sintéticos para o controle de pragas. Tais práticas e tecnologias foram difundidas rapidamente visando o aumento da produção (Hassaan e El Nemr, 2020).

Em relação as hortaliças, práticas de controle são necessárias para manter bom aspecto visual do produto, valor comercial, assegurando a integridade, qualidade e seguridade do alimento (Holtz *et al.*, 2015; Moura *et al.*, 2019), especialmente as folhosas como a couve, onde as partes comercializáveis (folhas, talos, flores ou inflorescências) são diretamente afetadas pelas pragas, causando grandes prejuízos.

Para viabilizar o controle de pragas, em alguns casos, os inseticidas químicos são usados de forma indiscriminada, podendo causar danos à saúde humana, através da ingestão, inalação ou contato direto com a pele através do manuseio nas práticas agrícolas e ao meio ambiente através da contaminação da água. Consequentemente, a busca por métodos de produção mais seguros e a necessidade de substituir pesticidas sintéticos por alternativas naturais, menos prejudiciais, tem crescido em todo mundo (Hassaan e El Nemr, 2020).

A literatura aborda que a alta exposição de agricultores e trabalhadores agrícolas à pesticidas, causa efeitos adversos à saúde humana como genotoxicidade, danos no DNA entre outros distúrbios e patologias (Kapeleka, Sauli e Ndakidemi, 2021; Sabarwal, Kumar e Singh, 2018). A Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), através do programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA) analisou diversas amostras de hortaliças e frutas de diferentes pontos de comercialização no Brasil entre 2018 e 2019 e detectou que 32,86% das amostras das brássicas (couve, brócolis e repolho) estavam irregulares, ou seja, com resíduos de agrotóxicos acima do limite permitido ou com princípios ativos sem registro nos órgãos reguladores para uso

na cultura. Especificamente para a couve, 33,71% das amostras estavam irregulares, sendo que somente 51,43% estavam totalmente livres de resíduos de agrotóxicos (Anvisa, 2023).

Diante desse cenário, cresce a demanda por alternativas seguras e de baixo custo que reduzam a dependência de agrotóxicos e tragam alternativas mais sustentáveis na perspectiva da saúde única¹, tema que tem ganhado espaço nas pesquisas e ampliado o uso dos produtos botânicos naturais. O popular neem (*Azadirachta indica* A. Juss) se destaca como uma fonte rica de compostos funcionais e com reconhecido potencial de uso inseticida (Kumar *et al.*, 2022; Neves *et al.*, 2008). O neem é uma árvore perene originária do sul e sudeste da Ásia, difundida por vários países, inclusive no Brasil. Possui diversidade de compostos bioativos, dos quais se destaca a azadiractina, com propriedades inseticidas, fungicidas e medicinais (Ogbuewu *et al.*, 2011; Schmutterer, 1990).

A sua utilização mais comum na agricultura ocorre na forma de óleo extraído das sementes, o qual é comercializado como inseticida e fungicida. No Brasil, atualmente existem 19 produtos aprovados e com registro para comercialização, para uso nos sistemas orgânico e convencional (AGROFIT, 2024; MAPA, 2024). Porém, outras formas podem ser empregadas como: o uso da torta da prensagem das sementes e frutos, extratos orgânicos comerciais ou extratos obtidos através de solventes (água, etanol, entre outros), utilizando-se de folhas, sementes, cascas ou outras partes da planta, na forma de pó ou partes frescas (Costa *et al.*, 2016; Neves *et al.*, 2008; Schmutterer, 1990).

Dessa forma, trata-se de uma importante alternativa para a produção orgânica, além da possibilidade de uso em conjunto com o manejo integrado de pragas (MIP), devido à sua alta seletividade para insetos benéficos. Ademais, seu uso sinérgico com outros produtos têm demonstrado ganhos de eficiência e contribuído para a quebra de resistência, oferecendo ainda vantagens ecológicas significativas, como biodegradabilidade, baixa toxicidade para predadores naturais e segurança para os seres humanos (Campos *et al.*, 2016;

¹ Internacionalmente conhecida pelo termo *One health*, busca o alcance de níveis ideais de saúde humana, reconhecendo a interconexão entre pessoas, animais e plantas, refletindo diretamente no alcance de alguns desafios globais como a segurança alimentar (*food security*), saúde pública, mudanças climáticas e perda da biodiversidade (CDC, 2017; OIE, 2024).

Kumar *et al.*, 2022; Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000; Morgan, 2009; Schmutterer, 1990).

Tais características se alinham também com a perspectiva de ser uma solução eficiente e acessível às necessidades dos agricultores familiares, que compõem a maior parte dos estabelecimentos agrícolas do Brasil e enfrentam desafios como o acesso limitado a insumos, assistência técnica e extensão rural (ATER) (Bezerra e Schlindwein, 2017; Santos *et al.*, 2023). A questão econômica é um ponto importante a ser observado, visto que o uso contínuo e indiscriminado de agrotóxicos nos últimos anos, fez com que muitos insetos desenvolvessem resistência, além da eliminação dos inimigos naturais. Como consequência, houve o aumento no custo de produção devido à necessidade de maior número de aplicações de controle (Buragohain *et al.*, 2021; Campos *et al.*, 2016; IBGE, 2017; Schmutterer, 1990).

Nesse sentido, o estabelecimento de alternativas de baixo custo para o controle de pragas e a viabilização da produção de alimentos, promove a segurança alimentar e a possibilidade de inserção no mercado através da diversificação da produção, possibilitando a geração de receita, gerando inclusão social e melhoria da qualidade de vida dos agricultores familiares. O uso de extratos de neem obtidos por processo de imersão, especialmente a partir de folhas, pelo fato da produção mais restrita e menor disponibilidade de sementes, pode ser uma solução assertiva para uma agricultura mais sustentável (Campos *et al.*, 2016; Martinez, 2011).

Estudos científicos já publicados sobre o neem relataram sua eficiência no uso para o controle de diversas pragas e em diversas culturas, porém a maioria avalia o uso de óleo de neem comercial e ou extratos obtidos das sementes de neem (Costa *et al.*, 2016; Divekar *et al.*, 2024; Ribeiro *et al.*, 2012; Saucke, Dori e Schmutterer, 2000; Senthil Nathan *et al.*, 2007; Shoaib *et al.*, 2010; Traoré *et al.*, 2019). Poucos estudos relacionados à avaliação dos extratos de folhas à campo (Aziz *et al.*, 2013; Habarurema *et al.*, 2022; Srinivasan *et al.*, 2019; Viana, Prates e Ribeiro, 2006), e nenhum com sua aplicação para a cultura da couve.

Diante desse contexto, surge a seguinte questão de pesquisa: Qual o desempenho e viabilidade de extratos aquosos e etanólico de folhas de neem,

no controle de pragas para a produção de couve à campo, quando comparados à um extrato comercial de neem?

Como objetivo geral do estudo, buscou-se analisar o desempenho e a viabilidade da produção e uso de extratos aquosos e etanólico de folhas de neem, como alternativa para o controle de pragas da cultura da couve em condições de campo. Especificamente, busca-se: (1) Produzir e aplicar extratos aquosos e etanólico de folhas de neem como inseticidas naturais, avaliando sua eficácia no controle de pragas da couve em condições de campo, em comparação ao desempenho de um extrato comercial de neem; (2) Realizar a análise de custo-benefício e valor presente líquido (VPL), verificando a viabilidade econômica da produção e uso dos extratos de neem, a partir da relação entre os custos de controle e a produtividade comercializável adicional obtida.

A pesquisa está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 - Fome zero e agricultura sustentável, da agenda 2030 da ONU, promovendo práticas agrícolas mais acessíveis, ambientalmente mais responsáveis e promoção do crescimento econômico (ONU, 2024), além de contribuir com informações que promovam boas práticas de produção no contexto de uma saúde integrada (*One health*).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A árvore Neem, compostos ativos e composição química

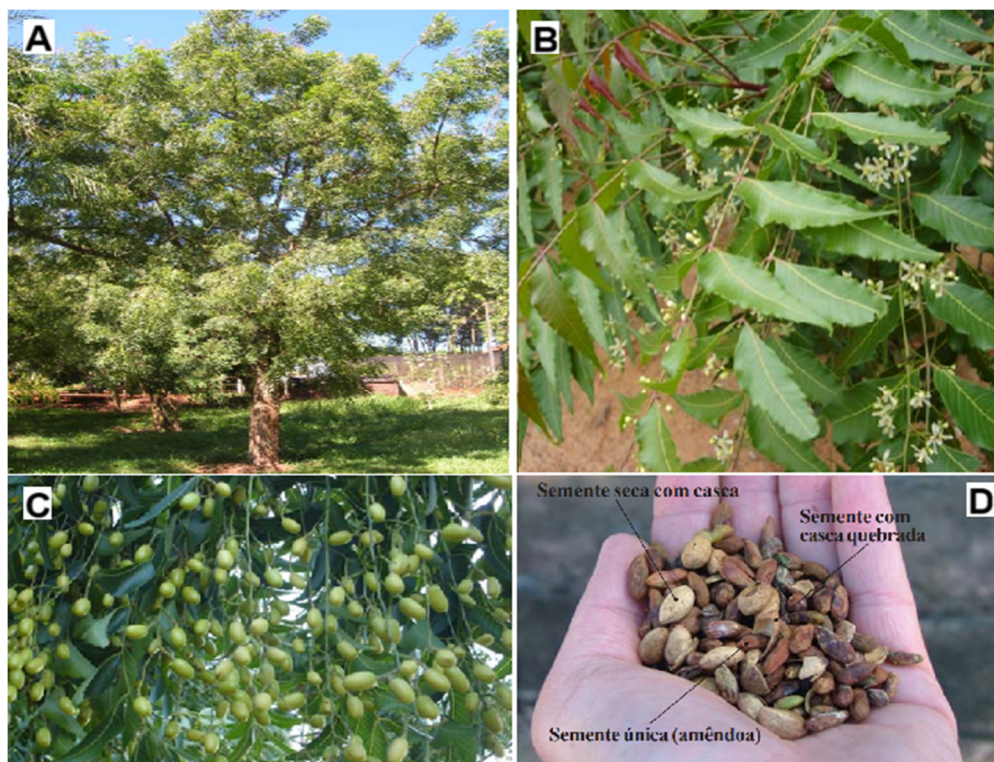
O neem (*Azadirachta indica* A. Juss – Família: Meliaceae, Ordem: Sapindales), também conhecido como nim, margosa ou lilás indiano, é uma das plantas mais estudadas atualmente no mundo por conta de suas propriedades potenciais no controle e manejo de pragas na agropecuária, proteção ambiental e medicinal (Ogbuewu *et al.*, 2011).

No Brasil, ficou popularmente conhecido como Nim, com registro oficial realizado em 1986 pela Fundação IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná (atual IDR - Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná) com sementes procedentes das Filipinas e, em 1989, com sementes da Índia, Nicarágua e República Dominicana (Neves e Carpanezzi, 2008).

É uma árvore perene da família Meliaceae (mogno) com crescimento rápido, atingindo cerca de 25 metros de altura em climas tropicais com precipitação anual de pelo menos 400 à 800 mm (Schmutterer, 1990). Originária do sul e sudeste da Ásia, é difundida por diversos países tropicais e subtropicais. Possui capacidade de adaptação, se desenvolvendo em diferentes condições climáticas, de solo e topográficas. Embora cresça naturalmente em áreas com precipitação entre 450–1.200 mm, consegue se manter em áreas com precipitação anual de apenas 150–250 mm e pouca luz (Ogbuewu *et al.*, 2011).

Diferentes países tropicais e subtropicais adotaram o neem, como alternativa de reflorestamento, arborização urbana, produção de lenha em climas secos, produção de óleo a partir de frutos e folhas, compostos e extratos naturais. Isso por conta da sua resistência, capacidade de adaptação e sua eficiência em diversos usos como pesticidas naturais na agropecuária, entre outros (Amoabeng *et al.*, 2014; Martinez, 2011; Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000; Schmutterer, 1990).

Figura 1 - Partes vegetativas do neem. A - árvore de neem com 20 anos; B - folhas e flores; C – frutos imaturos; e D – sementes de neem.



Fonte: Neves *et al.* (2008).

No Brasil árvore do neem, chega a 20 metros de altura, com copa volumosa e densa de até 12 metros de diâmetro (Figura 1 - A). Possui sistema radicular pivotante com raízes auxiliares laterais, tronco bastante bifurcado com ramificação de galhos laterais e abundância de folhas. A madeira possui o cerne de cor avermelhada, lembrando o mogno (Neves *et al.*, 2008).

As flores nascem em cachos axilares de inflorescência densa, são pequenas, brancas e hermafroditas (Figura 1 - B). Os frutos são em formato de drupa (Figura 1 - C), de cor amarelada quando maduros, com comprimento de 1,5 cm a 2,4 cm, composto de uma polpa doce que envolve de uma à três sementes (Figura 1 - D). Sua propagação principal é por sementes, sem necessidade de técnica apurada (Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000; Neves e Carpanezzi, 2008; Schmutterer, 1990).

Segundo Ogbuewu *et al.* (2011), o neem tem adaptação à ampla faixa de temperatura (0–49°C) e pH do solo (4–10). Neves e Carpanezzi (2008) e Neves *et al.*, (2008) descrevem que a planta é sensível ao frio, não sendo indicado para a produção de madeira na região Sul do Brasil ou em locais com temperatura média anual inferior a 20°C. Para a produção de folhas ainda tem resultado satisfatório, desde que a temperatura média do mês mais frio seja superior à 16°C. Logo, todas as regiões do Brasil, exceto o Sul, possuem condições climáticas adequadas ao cultivo do neem.

A maior parte das plantações de neem no Brasil tem como finalidade a produção de frutos e sementes para a extração de óleo, sendo a parte da planta com maior concentração das substâncias bioativas (Campos *et al.*, 2016). A época de floração e capacidade de produção variam de acordo com as características climáticas de cada local, características de solo, idade da planta e densidade (Neves *et al.*, 2008; Schmutterer, 1990).

Em 1952, Heinrich Schmutterer fez o primeiro registro científico dos efeitos antialimentares do neem, ao observar que a planta não era consumida durante ataques de gafanhotos-do-deserto, o que foi posteriormente comprovado por estudos detalhados sobre sua sensibilidade antialimentar (Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000). A principal substância ativa do neem é a azadiractina, de maior efeito sobre insetos (Butterworth e Morgan, 1971; Morgan, 2009), cuja concentração é mais elevada nas sementes (Neves *et al.*, 2008;

Schmutterer, 1990), embora varie de acordo com armazenamento, clima, solo, precipitação, estação e variação anual, com rendimentos entre 0,01% e 0,9% do peso das sementes (Kumar *et al.*, 2022; Morgan, 2009). Além da azadiractina, mais de 100 compostos bioativos podem ser extraídos, como meliantriol, salanina, nimbina, nimbidina, nimbolidos, quercetina, ácidos graxos e antioxidantes (Campos *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2022), cujo efeito sinérgico potencializa a eficiência da planta e dificulta o desenvolvimento de resistência nos insetos. Embora a maior concentração de azadiractina ocorra nas sementes, diversos compostos também estão presentes em folhas, flores, cascas, frutos, galhos e raízes, conferindo ao neem propriedades repelentes, antialimentares, antimicrobianas, antissépticas, contraceptivas, antipiréticas, antiparasitárias, antioxidantes, fúngicas e inseticidas (Kumar *et al.*, 2022; Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000; Morgan, 2009; Neves *et al.*, 2008).

2.2. Aplicações do neem

A utilização do neem varia desde o emprego medicinal, uso antiparasitário, repelente, inseticida na agricultura até a produção de cosméticos (Campos *et al.*, 2016; Kumar e Navaratnam, 2013; Neves *et al.*, 2008; Ogbuewu *et al.*, 2011; Santos, Oliveira e Albuquerque, 2012; Schmutterer, 1990).

A medicina popular oriental já utilizava o neem há mais de 4.000 anos, por reconhecerem propriedades anti-inflamatórias, anticépticas, antiulcerativas e antioxidantes (Kumar e Navaratnam, 2013; Ogbuewu *et al.*, 2011). Além disso, a planta também foi usada em estudos para o tratamento da malária e doenças cardiovasculares (Campos *et al.*, 2016), efeito anticancerígeno (Aiello *et al.*, 2011; Kumar e Navaratnam, 2013; Zhang *et al.*, 2016), tratamentos de doenças dermatológicas, gastrointestinais, úlceras e do trato urinário (Kumar e Navaratnam, 2013) e na produção e composição de cosméticos e produtos de higiene pessoal (Campos *et al.*, 2016; Kumar e Navaratnam, 2013).

Na agricultura tem sido utilizado principalmente como inseticida demonstrando atividade de controle sobre uma variedade de mais de 400 espécies de pragas de diferentes culturas: lepidopteros (lagartas, mariposas e borboletas – mais sensíveis ao neem), orthopteros (gafanhotos), heteropteros

(percevejos), homópteros (barbeiros, cigarrinhas, pulgões, cochonilhas e mosca-branca), coleópteros (besouros) e dípteros (moscas e mosquitos) (Schmutterer, 1990). Os efeitos sobre os insetos são os mais variados: efeito antialimentar, repelente, inibidor de crescimento, antiovíposição, esterilidade, interferência na metamorfose e defeitos morfogênicos. Embora a azadiractina seja o mais ativo, seus efeitos são ampliados pela sinergia com vários outros compostos presentes, dificultando aos insetos a criação de resistência (Campos *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2022; Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000; Morgan, 2009; Neves *et al.*, 2008; Ogbuewu *et al.*, 2011; Schmutterer, 1990).

Na literatura são encontrados diversos estudos com resultados positivos no controle de pragas. Srinivasan *et al.* (2019) verificaram o efeito de extrato aquoso de folhas de neem juntamente com um pacote de manejo integrado de pragas sobre o controle do pulgão na produção a campo de feijão de metro (*Vigna unguiculata sesquipedalis*) no Camboja, equivalendo ao controle tradicional com inseticidas sintéticos. Divekar *et al.* (2024) verificaram redução das populações de *L. erysimi*, *P. xylostella* e *P. brassicae* com aplicações de óleo comercial de neem em cultivos de repolho, chegando a alcançar redução de 76% da população de *P. xylostella* após a terceira aplicação. Efeito similar sobre a *P. xylostella* entre outras pragas, foi observado por Ngosong *et al.* (2021) utilizando extrato aquoso de sementes de neem à 50g/l, em cultivos de repolho em Gana. Liang, Chen e Liu (2003) também obtiveram resultados positivos do neem sobre o controle da *P. xylostella*. Da mesma forma, Shah *et al.* (2020) verificaram eficiência do neem como alternativa ao controle químico de *P. xylostella*, *Helicoverpa armigera* (Hubner), *Spodoptera litura* e o pulgão *Brevicoryne brassicae* na cultura do repolho.

Tomé *et al.* (2013), avaliaram o efeito inseticida de produto comercial de neem para controle da minadora do tomate (*Tuta absoluta*) em laboratório, verificando efeito antipostura e morte de 97% das larvas. Assim como Buragohain *et al.* (2021), também relataram eficiência no controle da *Tuta absoluta*, combinando inseticida comercial de neem, inseticida sintético, com um pacote de manejo integrado de pragas (MIP) reduzindo pela metade o custo com controle de pragas e mantendo-se o nível de produção.

Chan *et al.* (2023) e Lima *et al.* (2010) obtiveram resultados positivos em laboratório e a campo com o uso de extrato etanólico de folhas de neem, extrato

aquoso de folhas e óleo comercial de neem gerando mortalidade de ovos e larvas da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), ou redução de danos nas folhas de milho. Carvalho *et al.* (2017) alcançaram mortalidade de 81% das ninfas de primeiro instar da mosca negra dos citros (*Aleurocanthus woglumi* Ashby), com pulverização de solução aquosa de folhas de neem a 20%. Shoaib *et al.* (2010) verificaram o efeito antialimentar e inviabilização dos ovos do caramujo terrestre (*Monacha obstruta*). Zhong, Lv e Qin (2017) verificaram a sensibilidade da *Tirathaba rufivena walker*, praga importante da palmeira areca na China.

Outro potencial uso do neem é na conservação de grãos, frutas e vegetais, tendo desempenho positivo na proteção pós colheita dos alimentos. Suas propriedades antimicrobianas, antioxidantes e inseticidas, protegem os alimentos de agentes nocivos que poderiam acelerar a sua degradação. Entretanto, a aplicação direta nos alimentos altera as propriedades organolépticas, pelo seu sabor amargo, logo a alternativa é utilizá-lo em nanoemulsões, que prolongam a liberação de suas propriedades e o torna mais eficiente para aplicação em biofilmes e embalagens dos produtos (Kumar *et al.*, 2022; Neves *et al.*, 2008).

No contexto da segurança alimentar, é uma alternativa para a redução de perdas por pragas nas produções de alimentos, bem como de insumo para agricultores familiares mais vulneráveis, os quais podem cultivar o seu próprio neem, como alternativa de produção de extrato e uso no controle de pragas de suas produções (Kumar *et al.*, 2022; Schmutterer, 1990). Na perspectiva ecológica, a seletividade dos insetos não alvo, mantendo os predadores naturais no ambiente e consequentemente contribuindo para um maior controle biológico é relevante. Adicionalmente a importância quanto a segurança da saúde humana, poluição de águas e meio ambiente. Ainda não há clareza absoluta se o neem de fato não provoca alterações à saúde humana, porém existe uma margem de segurança em relação aos benefícios em detrimento de pesticidas sintéticos (Campos *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2022; Martinez, 2011; Morgan, 2009; Schmutterer, 1990).

2.3. Derivados do neem e sua utilização na agricultura

A seguir (quadro 1) está disposto as principais formas de utilização do neem na agricultura, de acordo com a respectiva pesquisa bibliográfica realizada.

Quadro 1 - Principais produtos do neem e formas de uso na agricultura.

Produto	Forma de obtenção	Forma de utilização
Óleo de neem comercial (Kumar <i>et al.</i> , 2022; Morgan, 2009; Neves <i>et al.</i> , 2008; Schmutterer, 1990)	Processo industrial com prensagem mecânica ou extração com uso de solventes, com processo de emulsificação entre outros necessários à sua estabilização para comercialização.	Pulverização
Extratos aquosos ou orgânicos a base de partes da planta neem (Costa <i>et al.</i> , 2016; Neves <i>et al.</i> , 2008; Sam-Wobo <i>et al.</i> , 2011; Schmutterer, 1990; Senthil Nathan <i>et al.</i> , 2007; Srinivasan <i>et al.</i> , 2019)	Imersão das diversas partes da planta (folhas, sementes, cascas...) moídas ou macetadas, em água, etanol, ou outros solventes.	
Torta de neem (Neves <i>et al.</i> , 2008; Schmutterer, 1990)	Subproduto da prensagem mecânica de frutos e sementes para extração do óleo.	Incorporação ao solo
Matéria orgânica de neem (Campos <i>et al.</i> , 2016; Schmutterer, 1990)	Restos de folhas, galhos, frutos e cascas.	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A forma mais comum e utilizada do neem é através do óleo extraído das sementes, sendo facilmente encontrado na apresentação comercial, destinado a agricultura. Constam registrados no site do Ministério da agricultura e Pecuária – MAPA (dados atualizados até o dia 23/11/2024), como “*Produto fitossanitário com uso aprovado para a agricultura orgânica*”, nove registros de produtos comerciais a base de óleo de sementes secas de neem (Quadro 2). Tais

produtos são classificados como inseticidas e fungicidas e são comercializados prontos para a diluição e pulverização, conforme a dose recomendada por cada fabricante (MAPA, 2024).

Quadro 2 - Produtos à base de óleo de sementes de neem com registro para comercialização como produto fitossanitário com uso aprovado para a agricultura orgânica, junto ao MAPA.

Marca Comercial	Titular do Registro	Nº Registro	Ingrediente Ativo	Classe de uso
Azact CE	Lacsa Agronegócios Ltda	8015	Azadiractina	Inseticida e Fungicida
Bioexos	Total Biotecnologia Indústria e Comércio S/A	13820	Azadiractina	Inseticida e Fungicida
Biosave	Inflora Biociência Ltda	32022	Azadiractina	Inseticida e Fungicida
BTP 400-21	Total Biotecnologia Indústria e Comércio S/A	2122	Azadiractina	Inseticida e Fungicida
Ecokiller	Aqua do Brasil Indústria, Comércio, Importação e Exportação de Produtos Agrícolas Ltda	26022	Azadiractina	Inseticida e Fungicida
Fitoneem	Dalneem Brasil Comércio de Produtos Agropecuários Ltda	6718	Azadiractina	Inseticida e Fungicida
Agroneem	Ophicina Organica Fertilizantes Ltda	32522	Azadiractina	Inseticida e Fungicida
Sitius	Inflora Biociência Ltda	34922	Azadiractina	Inseticida e Fungicida
Taneem	Biovirtus Soluções Ambientais Ltda	5122	Azadiractina	Inseticida e Fungicida

Fonte: MAPA (2024).

Por ser um produto de base vegetal, e se enquadrar na lista de substâncias autorizadas para o manejo e controle de pragas e doenças, no sistema de produção orgânico, publicada pela Portaria nº 52/2021/MAPA, os produtos derivados de neem tem um processo de registro mais simples e ágil. A Lei 10.831 de 23 de dezembro de 2003 que dispõem sobre a agricultura

orgânica, bem como o Decreto 6.323 de 27 de dezembro de 2007, que dá a sua regulamentação, estabelecem mecanismos menos exigentes para os produtos que contenham apenas substâncias autorizadas para a agricultura orgânica (MAPA, 2024).

Nessa linha, o Decreto 6.913 de 23 de julho de 2009 trouxe alterações à regulamentação da lei dos Agrotóxicos (nº 7.802 de 11 de julho de 1989), e também incluiu os procedimentos quanto ao registro dos produtos fitossanitários com uso aprovado para a agricultura orgânica. O mesmo traz o instrumento da *“Especificação de referência”* que traz as *“especificações e garantias mínimas que os produtos fitossanitários com uso aprovado na agricultura orgânica deverão seguir para obtenção de registro”*. Primeiramente, há a análise e aprovação da especificação de referência, e com o registro desta, vários produtos similares podem utilizá-la como base para obter sua aprovação e registro (MAPA, 2024).

Existem também produtos à base de neem aprovados e com registro junto ao MAPA para uso na agricultura convencional, sem a liberação para uso na agricultura orgânica. Em consulta ao sistema AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários), com o objetivo de identificar registros de produtos com a azadiractina como princípio ativo base, obteve-se mais 10 produtos (Quadro 3). O sistema AGROFIT é um *“banco de informações de agrotóxicos e indicação de uso para combate a pragas, plantas daninhas e doenças, com o objetivo de oferecer alternativas eficazes na solução dos problemas fitossanitários”*, que está disponível no site oficial do MAPA para a consulta pública (AGROFIT, 2024).

Quadro 3 - Lista de produtos comerciais a base de azadiractina com registro junto ao MAPA para uso na agricultura convencional.

Marca Comercial	Titular de Registro	Nr. Registro	Ingrediente Ativo	Classe de uso
Azamax	UPL do Brasil Indústria e Comércio de Insumos Agropecuários S.A.	14807	Azadiractina	Inseticida
Bioexos Plus (0,3% Neem Oil)	Total Biotecnologia Indústria e Comércio S/A.	17123	Azadiractina	Inseticida
BTP 152-21	Total Biotecnologia Indústria e Comércio S/A.	17423	Azadiractina	Inseticida

BTP 152-21A	Total Biotecnologia Indústria e Comércio S/A.	17523	Azadiractina	Inseticida
BTP 152-21B	Total Biotecnologia Indústria e Comércio S/A.	17623	Azadiractina	Inseticida
BTP 156-21A	Total Biotecnologia Indústria e Comércio S/A.	17223	Azadiractina	Inseticida
BTP 156-21B	Total Biotecnologia Indústria e Comércio S/A.	17323	Azadiractina	Inseticida
DalNeem EC	Dalneem Brasil Comércio de Produtos Agropecuários Ltda	9015	Azadiractina	Inseticida
Openeem Brutus	Openeem Bioscience Indústria e Comércio S.A.	19723	Extrato hidroalcoólico de Azadirachta indica	Nematicida
Openeem Valente	Openeem Bioscience Indústria e Comércio S.A.	16523	Extrato hidroalcoólico de Azadirachta indica	Inseticida

Fonte: AGROFIT (2024). Consulta realizada no dia 23/11/2024.

Destacamos na lista, a presença do Openeem Valente® que foi utilizado como forma de controle positivo para comparação do desempenho dos extratos de produção própria.

A produção do óleo de neem ocorre, em geral, por prensagem mecânica, método que alcança cerca de 82% de extração do óleo das sementes, embora resulte em produto de menor qualidade, com menor teor de azadiractina, coloração turva e maior teor de água. Nesse processo, a cada 60 kg de sementes e cascas na proporção 7:3, obtêm-se aproximadamente 17 litros de óleo bruto e 39,5 kg de torta residual. O óleo passa por etapas de filtragem, decantação e emulsificação para comercialização (Kumar *et al.*, 2022; Morgan, 2009; Neves *et al.*, 2008). Já a torta gerada, ainda rica em azadiractina, assim como as folhas e galhos da planta, podem ser utilizados como adubo orgânico, melhorando as propriedades do solo, além de permitir a absorção dos compostos ativos pela raiz da planta, gerando efeito protetor (Neves *et al.*, 2008).

Métodos alternativos para a extração do óleo baseados em solventes, como hexano e etanol, apresentam rendimentos superiores, entre 92,3% e 99,1%, resultando em óleo transparente e com maior teor de azadiractina (Kumar *et al.*, 2022). O hexano é amplamente usado devido ao baixo custo e alta solubilidade em lipídios, mas possui impacto ambiental significativo, motivando pesquisas com solventes menos poluentes, como o etanol. A eficiência da extração varia conforme a polaridade do solvente, tamanho da matéria-prima e temperatura, sendo que solventes polares apresentam maior capacidade de extração dos limonoides, incluindo a azadiractina (Chaudhary *et al.*, 2017; Morgan, 2009). Embora temperaturas mais elevadas aumentem o rendimento, podem comprometer a qualidade dos compostos bioativos, exigindo equilíbrio entre eficiência e preservação química.

A produção de extratos de neem baseia-se na imersão de partes da planta em água, álcool ou outros solventes, que dissolvem os compostos ativos. Para aumentar a eficiência, as partes podem ser trituradas ou maceradas, formando pó ou pasta. O extrato resultante mantém a azadiractina e outras substâncias inseticidas, sendo aplicado por pulverização. A extração aquosa é a mais comum devido à simplicidade e ao baixo custo (Neves *et al.*, 2008). Para prepará-la, utilizam-se sementes e/ou folhas frescas ou desidratadas, que após maceração/trituração são imersas em água, homogeneizadas, filtradas e aplicadas. O pó pode ser armazenado refrigerado por até dois meses, enquanto o processo deve ser protegido da luz solar para evitar degradação dos princípios ativos. A eficiência da extração depende do tamanho das partículas, temperatura, solvente e tempo de imersão, que varia de 24 horas a uma semana (Costa *et al.*, 2016; Habarurema *et al.*, 2022; Neves *et al.*, 2008; Srinivasan *et al.*, 2019).

A concentração de azadiractina varia conforme a parte da planta, sazonalidade e condições ambientais. Em Sete Lagoas-MG, a Embrapa registrou níveis entre 2 e 15 mg/g $\times 10^{-2}$, com teores mais altos após o período chuvoso e mais baixos durante a seca (Neves *et al.*, 2008). Ensaios demonstraram eficiência contra diferentes pragas: Costa *et al.* (2016) controlaram a mosca-minadora com 15–20 g de pó de sementes/100 mL de água (24h); Viana, Prates e Ribeiro (2006) recomendaram 113–150 g de pó de folhas/L de água (24h) contra a lagarta-do-cartucho; e Srinivasan *et al.* (2019)

obtiveram controle de tripes, broca-da-vagem e pulgões usando 300 g de folhas frescas/L de água (7 dias de imersão e posterior diluição a 5%). O uso de folhas é vantajoso pelo baixo custo e disponibilidade anual, sendo alternativa prática para pequenos agricultores em comparação a sementes e óleo (Neves *et al.*, 2008). Além disso, os extratos são permitidos na produção orgânica (MAPA, 2024) e disponíveis comercialmente, como os hidroalcoólicos da Openeem Bioscience (AGROFIT, 2024), embora os métodos industriais ainda careçam de maior transparência (Openeem, 2024).

2.4. Efeitos do Neem sobre os insetos

Os produtos derivados do neem possuem efeitos comprovados sobre os insetos (Quadro 4), incluindo dissuasão, repelência, efeito antialimentar e regulador de crescimento. Outros efeitos abrangem interferência na metamorfose, esterilidade ou redução da capacidade reprodutiva, antioviposição, ação ovicida, defeitos morfológicos, entre outros, com maior impacto sobre os insetos fitófagos, ou seja, que se alimentam das partes da planta (Campos *et al.*, 2016; Carvalho *et al.*, 2017; Chan *et al.*, 2023; Kumar *et al.*, 2022; Lima *et al.*, 2010; Martinez; 2011; Morgan, 2009; Ogbuewu *et al.*, 2011; Schmutterer, 1990; Shoaib *et al.*, 2010; Traoré *et al.*, 2019).

O comportamento antialimentar foi o primeiro a ser relatado, em 1952 por Heinrich Schmutterer e basicamente impede que os insetos se alimentem, mesmo que permaneçam na planta ou próximos a ela (Morgan, 2009). A sensibilidade sensorial ao neem varia entre espécies e até entre membros de uma mesma família (Schmutterer, 1990).

Além do efeito antialimentar primário, relativo à incapacidade de ingerir aquela planta tratada, insetos menos sensíveis podem sofrer o efeito antialimentar secundário após ingestão de azadiractina, como toxicidade e distúrbios no aparelho digestivo, acarretando a redução de consumo posterior (Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000; Schmutterer, 1990). Lepidópteros (lagartas, mariposas e borboletas) é a ordem de insetos mais sensíveis à azadiractina, apresentando antialimentação considerável já com doses de 1-50 ppm. As ordens Coleóptera, Homóptera e Hemíptera, necessitam de doses mais elevadas (100-600 ppm) para alcançar até 100% de antialimentação (Mordue

(Luntz) e Nisbet, 2000). Em gafanhotos migratórios (*Locusta Migratoria*), a azadiractina injetada na hemolinfa de ninfas bloqueou a liberação hormonal necessária para a muda (Mordue (Luntz), Evans e Charlet, 1986). Ademais, o neem interfere em microtúbulos celulares, prejudicando a divisão celular e a síntese do RNA (Morgan, 2009). Costa *et al.* (2016) e Lima *et al.* (2010) também observaram o efeito regulador de crescimento.

O efeito na perturbação do desenvolvimento normal dos insetos também ocorre pelo contato tópico. Segundo Schmutterer (1990) doses mais fortes causam manchas escuras no lado dorsal das larvas, que na verdade são as células dos discos das asas imaginais melanizadas e degeneradas. Nesses casos a muda é inviabilizada. Normalmente as larvas mais jovens têm maior sensibilidade a toxicidade estomacal e por contato (Chan *et al.*, 2023; Zhong, Lv e Qin, 2017).

Outro efeito fisiológico é a redução da capacidade ou inviabilidade reprodutiva, seja pelo não desenvolvimento adequado do aparelho reprodutor, pelo bloqueio ou redução na produção de espermatozoides, redução da capacidade de postura das fêmeas, ou ainda a geração de ninfas inviáveis (Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000). Para alguns insetos, ocorre também o efeito ovicida, com a redução ou inviabilização da produção de ninfas a partir de ovos pulverizados com neem (Carvalho *et al.*, 2017; Chan *et al.*, 2023; Shoaib *et al.*, 2010; Traoré *et al.*, 2019).

Quadro 4 - Efeitos causados pelas substâncias que compõem o neem sobre os insetos.

Efeitos	Parte do corpo afetada	Forma da ação
Repelência ao pouso e postura de ovos (Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000; Morgan, 2009; Schmutterer, 1990).	Sensibilidade sensorial	Os insetos percebem a presença das substâncias do neem na planta, buscando outro ponto para pouso / postura.
Antialimentação primária (Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000; Morgan, 2009; Schmutterer, 1990).	Quimiorreceptores e aparelho bucal	Estímulo dissuasor pelos quimiorreceptores. Bloqueio das células receptoras do açúcar.

Antialimentação secundária (Chan <i>et al.</i> , 2023; Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000; Schmutterer, 1990; Zhong, Lv e Qin, 2017).	Aparelho digestivo e intestino	Interferência do funcionamento do aparelho digestivo e bloqueio da produção de enzimas no intestino.
Regulação de crescimento (Costa <i>et al.</i> , 2016; Lima <i>et al.</i> , 2010; Mordue (Luntz), Evans e Charlet, 1986; Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000; Schmutterer, 1990).	Sistema endócrino	Interferência na síntese e liberação de hormônios responsáveis pelo desenvolvimento e muda/metamorfose (ecdisteróides).
Processo celular (Morgan, 2009).	Células em reprodução ativa (discos de asas, corpo gorduroso, testículos e ovários, entre outros). Interferência na formação dos microtúbulos celulares.	Inibição da divisão celular e síntese proteica. Perda de células regenerativas e necrose.
Esterilidade (Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000).	Aparelho reprodutivo masculino e feminino	Interferência no desenvolvimento do aparelho reprodutor. Bloqueio/redução da produção de espermatozoides e ovos. Produção de ninfas inviáveis.
Inviabilização de ovos (Carvalho <i>et al.</i> , 2017; Chan <i>et al.</i> , 2023; Shoaib <i>et al.</i> , 2010; Traoré <i>et al.</i> , 2019).	Ovos postos	Ação ovicida, com os compostos penetrando no córion e interferindo no desenvolvimento normal e viabilidade das ninfas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O neem, frequentemente provoca uma combinação de efeitos sobre os insetos, não se limitando a um único mecanismo de controle. A sensibilidade das espécies aos efeitos varia, mesmo aos pertencentes de mesma ordem ou família (Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000; Schmutterer, 1990). Por outro lado, comparações entre os estudos são desafiadoras por conta da diversidade de variáveis envolvidas, como condições ambientais, modo de aplicação,

diversidade e concentração de compostos bioativos na planta e os diversos métodos de preparo ou extração com eficiências diferentes (Neves *et al.*, 2008).

Embora a azadiractina seja a principal substância componente do neem, a qual é atribuída a grande maioria dos efeitos observados nos insetos, existem várias outras substâncias bioativas presentes no neem com sinergia. Morgan (2009) avaliou a eficiência da azadiractina pura ou conjunta sobre insetos. Azadiractina pura teve menor efeito quando comparada aos efeitos do composto natural da planta, demonstrando a viabilidade do composto com as demais substâncias, em detrimento de se buscar a purificação da azadiractina para uso comercial.

2.4.1. Toxicidade sobre insetos benéficos

A avaliação da toxicidade ou seletividade de inseticidas botânicos, como os derivados de neem, é necessário para seu uso em pacote de manejo integrado de pragas (MIP), onde os inimigos naturais têm um importante papel no controle biológico (Schmutterer, 1997). Silva e Martinez (2004) indicam que o neem apresenta toxicidade relativamente seletiva, afetando majoritariamente os insetos fitófagos, tendo em vista a maior toxicidade por ingestão. Insetos predadores como a joaninha (*Cycloneda sanguinea*), apresentam alta tolerância ao neem.

Segundo Oliveira, Cesar e Veras (2020), o neem em baixas concentrações não provocam efeitos em nenhuma das fases de vida de abelhas. Começam a haver efeitos negativos a partir de concentrações superiores à 5%, principalmente pela ingestão nas fases mais jovens. Habarurema *et al.* (2022), demonstram a tolerância dos polinizadores ao neem, ao alcançarem produção 73% maior de feijão bóer (*Cajanus cajan*) em áreas utilizando o neem, quando comparada às áreas tratadas com inseticidas sintéticos.

Ribeiro *et al.* (2012) demonstram a compatibilidade do uso simultâneo entre o neem e o fungo entomopatogênico (*Beauveria bassiana*), sendo uma alternativa para utilização em programas de manejo integrado de pragas e agricultura orgânica.

Embora ocorra uma certa sensibilidade de algumas espécies, principalmente nas fases ninfais ou larvais mais jovens, a tolerância das demais

fases permite a manutenção considerável de indivíduos, potencializando o seu uso em programas de manejo integrado de pragas (Schumetterer, 1997). Além disso, nos testes a campo os resultados normalmente apresentam uma tolerância maior, onde os produtos à base de neem podem contribuir substancialmente com a prevenção da biodiversidade (Mordue (Luntz) e Nisbet, 2000; Morgan, 2009).

2.5. Toxicidade para animais de sangue quente e humanos

O uso histórico do neem pela medicina popular demonstra que sua utilização correta o torna seguro quanto a toxicidade aos humanos (Kumar e Navaratnam, 2013). Alguns estudos já foram realizados para verificar possível toxicidade em animais de sangue quente e humanos. Raizada *et al.* (2001) avaliaram ratos à doses diárias de azadiractina de 500, 1000 e 1500 mg/kg/dia, via oral durante 90 dias, não havendo mortalidade e muito menos sinais de toxicidade, patologia, alterações no peso dos tecidos, parâmetros séricos e sanguíneos. Achi *et al.* (2018) e Silva *et al.* (2015) verificaram resultados semelhantes. Boeke *et al.* (2004) estimaram doses seguras de ingestão em humanos e animais de 0,3 mg/kg/dia para extratos aquosos e 15 mg/kg/dia para azadiractina pura e Braga *et al.* (2021) identificaram relativa margem de segurança para mamíferos, principalmente considerando toxicidade aguda e ingestão oral.

Mordue (Luntz) (2004) considerando o efeito nos insetos a nível celular, buscou responder também a toxicidade sobre linhas celulares de mamíferos, chegando à conclusão que a azadiractina traz efeitos mínimos as mesmas. Morgan (2009) acrescenta que as células dos mamíferos têm grande capacidade de eliminar a azadiractina.

2.6. Cultura da couve

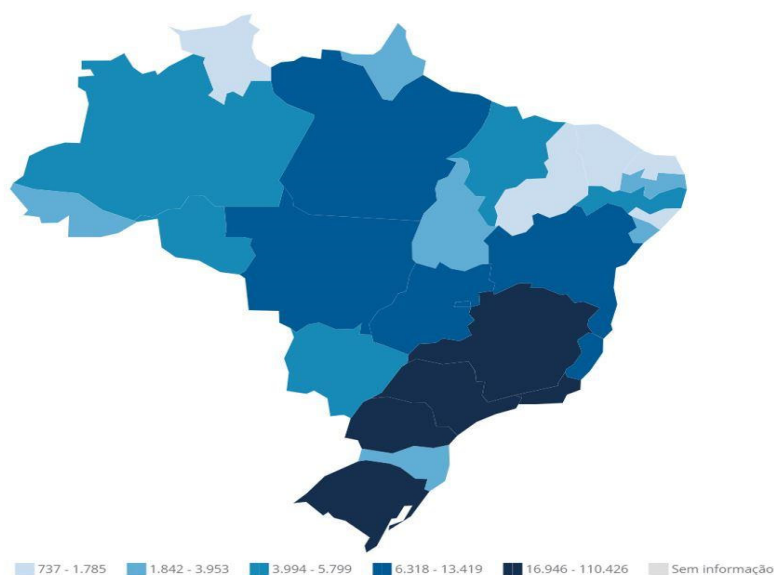
A couve, também conhecida como couve-folha ou couve de folha (*Brassica oleracea L. var. acephala*) é uma hortaliça folhosa, originária do continente Europeu, pertencente à família Brassicaceae, que abrange também o repolho, couve-flor, brócolis, entre outras. O consumo da couve tem

aumentando, provavelmente devido as descobertas e difusão das suas propriedades nutricionais, destacando-se em relação à outras hortaliças folhosas, tendo maior conteúdo de proteínas, carboidratos, fibras, ferro, cálcio, vitamina A, iodo, niacina e vitamina C (Holtz *et al.*, 2015; Trani *et al.*, 2015).

A couve é uma cultura típica de outono-inverno, sendo resistente ao frio, mas tendo seu melhor desenvolvimento em temperaturas medias de 16 à 22°C, embora haja híbridos desenvolvidos com tolerância maior ao calor para produção também nas estações quentes (Holtz *et al.*, 2015; Trani *et al.*, 2015).

De acordo com o último Censo Agropecuário (Figura 2), em 2017 foram produzidas no Brasil 161.986 toneladas, equivalendo à R\$ 320,61 milhões de reais oriundos de 71.279 estabelecimentos produtores. São Paulo é o maior produtor nacional, como 65.057 toneladas (40,16% da produção), seguido de Rio de Janeiro (14,72%), Minas Gerais (9,91%) e Rio Grande do Sul (5,29%). Mato Grosso do Sul, produziu 1.425 toneladas, totalizando R\$ 5,76 milhões de reais, e englobando 1.056 estabelecimentos produtores. Campo Grande, seguido por Dourados, são os municípios com maior produção (IBGE, 2017).

Figura 2 - Representação do mapa do Brasil de acordo com os valores de produção de couve (em mil reais).



Fonte: IBGE, 2017 (Censo Agropecuário).

O perfil das propriedades produtoras de brássicas, incluindo a couve, é bastante heterogêneo, ou seja, existem grandes propriedades com produção em grande escala, especializada em poucas culturas e com alto nível de tecnologia,

bem como pequenos produtores (agricultores familiares) voltados a produção de subsistência ou comercialização local, com maior diversidade de culturas produzidas e com pouca ou sem nenhuma tecnologia (Melo *et al.*, 2017).

Segundo Puiatti (2019), a exploração de algumas variedades de hortaliças, incluindo a couve, tem grande demanda de tratos culturais intensivos e artesanais, predominando na agricultura familiar, na qual pequenos e médios produtores são responsáveis por aproximadamente 60% da produção. Assim, tem grande importância social e impacto na economia dos municípios. O mesmo estima que a atividade gere mais de 2,7 milhões de empregos diretos no país, com uma média de 2,4 trabalhadores/ha cultivado.

O cultivo de couve é geralmente feito por transplante de mudas obtidas de sementes ou brotos, o que garante uniformidade dos talhões, maior competitividade frente a plantas daninhas e facilidade no manejo, principalmente quando ainda em ambiente protegido (Holtz *et al.*, 2015). O espaçamento recomendado varia de 80 a 100 cm entre linhas simples ou 40 a 50 cm em linhas duplas e 50 a 70 cm entre plantas (Trani *et al.*, 2015). O plantio pode ser direto, em covas ou sulcos, ou via preparo convencional do solo (Melo, Madeira e Lima, 2016). A adubação deve ser ajustada por análise anual do solo (0–20 cm), mantendo pH entre 5,5 e 6,5 e saturação de bases de 70% (Puiatti, 2019). Recomenda-se adubação orgânica 30 dias antes do plantio, com esterco bovino (20–40 t/ha), esterco de galinha, cama de frango ou húmus (5–10 t/ha), além de cobertura com NPK (20–40 kg/ha de N, 5–10 kg/ha de P e 10–20 kg/ha de K) a cada 15–20 dias após o plantio, associada à suplementação foliar de boro e molibdênio (Trani *et al.*, 2015).

A cultura é sensível ao déficit hídrico, sendo necessária irrigação, geralmente por aspersão, embora também se use gotejamento ou sulcos (Marouelli, Melo e Braga, 2017). A colheita ocorre entre 60 e 90 dias após a semeadura e pode se estender por até 8 meses, com intervalos de 7–10 dias, produzindo maços de 6 a 12 folhas (≈ 400 g), resultando em produtividade média de 3 a 5 kg por planta (Trani *et al.*, 2015).

A comercialização pode ocorrer de várias formas, assim como na maioria das demais hortaliças, através de feiras livres locais, sacolões, diretamente para mercados, editais públicos que atendam os programas sociais como PAA (Programa de Aquisição de Alimentos da Agricultura Familiar - PAA) e PNAE

(Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE), ou em centrais de abastecimento (Ceasa). O produtor deve ter o maior conhecimento possível de suas variáveis, pois as formas diferentes de comercialização normalmente proporcionam margens de lucro distintas, que influenciarão na tomada de decisão de quanto, quando, como e onde plantar (Melo *et al.*, 2017).

Os problemas fitossanitários são frequentes na cultura da couve, afetando tanto a produção quanto a qualidade (Holtz *et al.*, 2015). Entre as principais doenças estão a hérnia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae*, que permanece no solo e infecta as raízes; a podridão mole (*Pectobacterium spp.*) e a podridão negra (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*), ambas favorecidas por clima quente, úmido e solos compactados, sendo o uso de cultivares resistentes uma alternativa de manejo (Melo *et al.*, 2017). Contudo, os maiores prejuízos decorrem das pragas, que podem comprometer até 100% da produção, representando cerca de 50% dos custos pelo alto número de aplicações necessárias. A principal praga é a traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), de ocorrência mundial, responsável isoladamente pelos maiores danos e custos de controle (Massarolli *et al.*, 2019; Ponce *et al.*, 2021).

2.6.1. Pragas da couve

Entre as principais pragas da couve (lepidópteros) destacam-se: traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), curuquerê-da-couve (*Ascia monuste orseis* (Latreille)), a broca-da-couve (*Hellula phidilealis* (Walker)), e a falsa-medideira (*Trichoplusia ni* (Hübner)) (Cardoso, Pamplona e Michereff Filho, 2010; Holtz *et al.*, 2015).

Os lepidópteros são insetos conhecidos como borboletas e mariposas que passam por diferentes estágios de desenvolvimento (ovo, larva, pupa e adultos), até a metamorfose completa. Os danos ocorrem na fase de larva (lagarta), quando as mesmas se alimentam das partes da planta. As lagartas possuem aparelho bucal mastigador que permite cortar as partes vegetativas da planta (Cardoso, Pamplona e Michereff Filho, 2010). Trani *et al.* (2015) citam também os pulgões como pragas importantes para a cultura da couve. Michereff Filho *et al.* (2021) indicam ainda como pragas secundárias, a mosca-branca, lagarta-

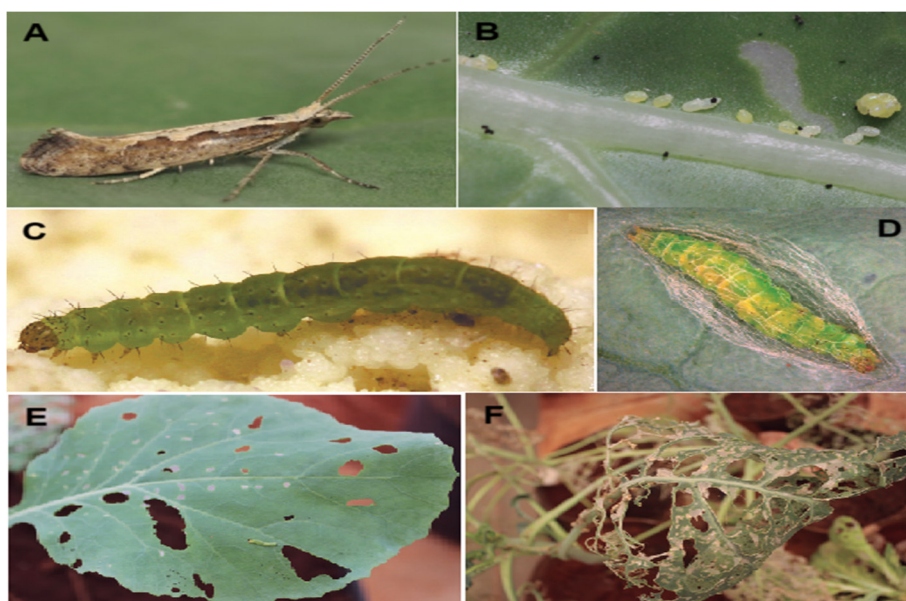
militar, lagarta-rosca, formigas-cortadeiras, grilo, paquinha, broca-da-couve, lagarta helicoverpa, entre outras.

A seguir listamos as principais pragas da couve, com breve descrição de suas características:

- **Traça-das-crucíferas - *Plutella xylostella* (Linnaeus)**

Também conhecida como traça diamante, a traça-das-crucíferas é um microlepidoptero de 12 à 15mm envergadura. Possui uma faixa dorsal característica, na cor creme ou castanho-claro (Figura 3 – A). A lagarta (Figura 3 – C) possui coloração verde-clara à amarelada e cabeça parda (Gallo *et al.*, 2002), atingindo 8 a 10 mm de comprimento com 9 a 10 dias após a eclosão, quando se transformam em pupas em casulos delicados de malhas finas, onde permanecem (Figura 3 – D) por aproximadamente 4 dias até emergirem os adultos (Moura *et al.*, 2019). O ciclo biológico varia de 11 a 28 dias, influenciado pela planta hospedeira e pela temperatura, sendo acelerado em condições mais quentes, o que possibilita até 20 gerações anuais (Castelo Branco *et al.*, 2001; Holtz *et al.*, 2015; Michereff Filho *et al.*, 2021).

Figura 3 - Imagens de *Plutella xylostella*. A – Mariposa adulta; B – ovos; C – lagarta; D – Pupa; E – Folha danificada com presença da larva; e F – planta consumida.



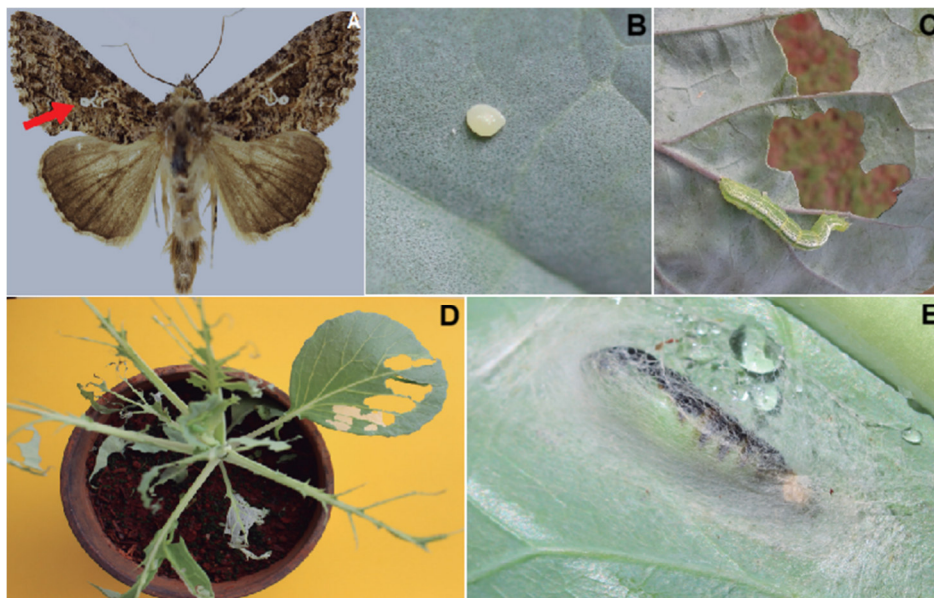
Fonte: Michereff Filho *et al.* (2021). Fotos: A, B, C, E e F – Moises Lopes Fernandes; D – Miguel Michereff Filho.

Os danos são provocados pelas larvas, que consomem a epiderme inferior e o parênquima foliar deixando a epiderme superior intacta e translúcida, formando janelas que se rompem com o crescimento da planta. Em infestações severas, podem destruir quase toda a área foliar, restando apenas as nervuras (Figura 3 – E e F) (Michereff Filho *et al.*, 2021).

- **Lagarta falsa-medideira – *Trichoplusia ni* (Hübner)**

A mariposa *Trichoplusia ni* apresenta cerca de 25 mm de envergadura, coloração parda e mancha branco-prateada na asa anterior (Figura 4 – A). Os ovos, geralmente depositados de forma isolada ou em pequenos agrupamentos, medem aproximadamente 0,6 mm de diâmetro por 0,4 mm de altura (Figura 4 – B). As fêmeas, de hábitos semi-noturnos, podem ovipositar entre 300 e 600 ovos. As lagartas são verdes, com cabeça amarelo-esverdeada, podendo apresentar listras brancas longitudinais, atingem até 40 mm e deslocam-se de forma característica tipo “mede-palmo” (Figura 4 – C) (Holtz *et al.*, 2015; Michereff Filho *et al.*, 2021; Moura *et al.*, 2019).

Figura 4 - Imagens da Lagarta falsa-medideira – *Trichoplusia ni*. A – Mariposa adulta; B – ovo; C – lagarta e dano; D – dano; e E – pupa.



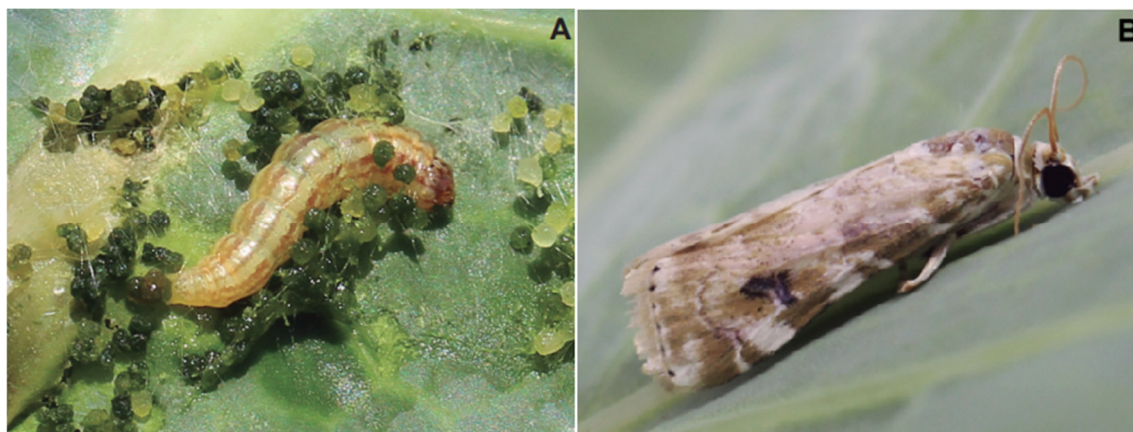
Fonte: Michereff Filho *et al.* (2021). Fotos: A – Raphael Augusto de Castro e Melo; B, C, D e E – Moises Lopes Fernandes.

A fase de pupa ocorre em casulo nas folhas ou no solo, medindo cerca de 2 cm (Figura 4 – E). O ciclo biológico completo varia de 24 a 40 dias, sendo o período de ovo de 3 a 10 dias, o de larva de 10 a 20 dias e o de pupa de 4 a 13 dias. A injúria (Figura 4 – D) é causada pelo consumo da área foliar: em estágios iniciais, a larva raspa a epiderme da face inferior, passando posteriormente a consumir todo o limbo entre as nervuras, iniciando-se geralmente pelas folhas mais velhas (Cardoso, Pamplona e Michereff Filho, 2010; Holtz *et al.*, 2015; Michereff Filho *et al.*, 2021; Moura *et al.*, 2019).

- **Broca-da-couve – *Hellula phidilealis* (Walker)**

Originária da Venezuela, a broca-da-couve ocorre amplamente nas Américas e é considerada praga importante da couve e de outras brássicas. Os adultos apresentam envergadura de 12 a 18 mm, coloração marrom-dourada a amarelo-amarronzada, com listras brancas onduladas e mancha escura central nas asas (Figura 4 – B). Os ovos, variam de verde a marrom e são depositados isoladamente na face superior das folhas jovens. As lagartas, que atingem até 15 mm, possuem coloração bege a amarelada, listras longitudinais marrons e cabeça clara malhada (Figura 5 – A). O ataque ocorre principalmente em plantas jovens, quando as larvas penetram no caule e no meristema apical, provocando broqueamento, cegamento do meristema e intensa brotação lateral, podendo levar à morte da planta e favorecer infecções secundárias. O ciclo biológico varia entre 17 e 31 dias (Cardoso, Pamplona e Michereff Filho, 2010; Holtz *et al.*, 2015; Michereff Filho *et al.*, 2021).

Figura 5 - Broca-da-Couve. A - Lagarta; B - Adulto.

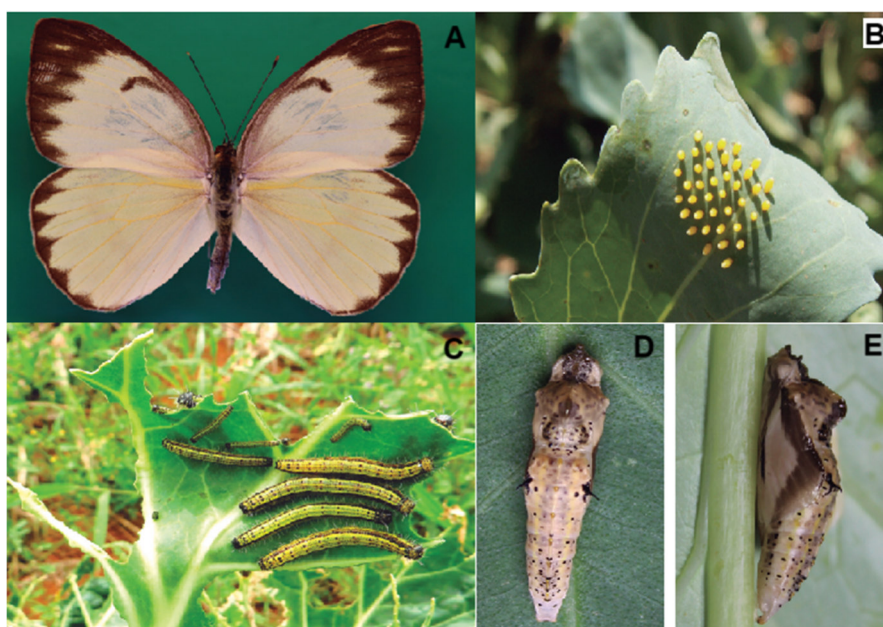


Fonte: Michereff Filho *et al.* (2021). Fotos: Moises Lopes Fernandes.

- **Curuquerê-da-couve – *Ascia monuste orseis***

O curuquerê-da-couve ataca basicamente as brássicas, ocorrendo desde o sul dos Estados Unidos até o sul da América do Sul. Os adultos medem cerca de 5 cm de envergadura, com asas branco-amareladas com nervuras e bordas marrom-escuras e corpo preto-esbranquiçado (Figura 6-A). A postura ocorre geralmente pela manhã em grandes grupos de ovos (Figura 6-B), o que resulta em alta densidade de lagartas por planta, com intenso consumo foliar, que pode evoluir para a desfolha completa da planta e perdas de até 100% da produção (Figura 6-C). As lagartas podem atingir 40 mm de comprimento, apresentam coloração esverdeada com listras longitudinais de diferentes tonalidades (amarela, marrom-arroxeadas e verde-escura), pontuações pretas e pelos curtos. O período de incubação dura de 4 à 5 dias; o larval de 20 a 25 dias; e de pupa em torno de 11 dias (Figura 6-D e E) (Cardoso, Pamplona e Michereff Filho, 2010; Gallo *et al.*, 2002; Holtz *et al.*, 2015; Michereff Filho *et al.*, 2021).

Figura 6 - Curuquerê-da-couve. A - Adulto; B - Ovos; C - Lagarta; D e E - Pupa.



Fonte: Michereff Filho *et al.* (2021). Fotos: A, D e E - Moises Lopes Fernandes; B – Jorge Anderson Guimarães; e C – Francisco Guilherme V. Schmidt.

- **Pulgões (*Brevicoryne brassicae*, *Myzus persicae*; *Lipaphis erysimi* e *Lipaphis pseudobrassicae*)**

Os pulgões estão amplamente distribuídos pelo mundo, com mais de 4.000 espécies descritas, das quais cerca de 250 são consideradas pragas agrícolas (Holtz *et al.*, 2015). Na cultura da couve e demais brássicas destacam-se como principais espécies o pulgão-da-couve (*Brevicoryne brassicae*), pulgão-verde (*Myzus persicae*), pulgão-do-nabo (*Lipaphis pseudobrassicae*) e pulgão-da-mostarda (*Lipaphis erysimi*). São insetos de corpo pequeno e macio, de formato piriforme, que formam colônias principalmente na face inferior das folhas (Michereff Filho *et al.*, 2021; Moura *et al.*, 2019).

Embora considerados pragas secundárias, possuem importância econômica crescente devido ao seu aparelho bucal picador-sugador, que retira seiva da planta e injeta toxinas capazes de deformar tecidos foliares, reduzindo a qualidade comercial das folhas (Holtz *et al.*, 2015). Além disso, destacam-se como vetores de viroses, transmitindo mais de 20 doenças em brássicas, incluindo o vírus-do-mosaico, especialmente por meio de *B. brassicae* e *M. persicae* — este último considerado o vetor mais importante em escala mundial. O ciclo biológico dos pulgões varia entre 15 e 18 dias, com reprodução predominantemente partenogenética. Em regiões frias, *B. brassicae* pode produzir machos, permitindo a reprodução sexuada, cujos ovos apresentam resistência a baixas temperaturas (Michereff Filho *et al.*, 2021; Moura *et al.*, 2019).

2.6.2. Formas de amostragem e controle de pragas

O monitoramento sistemático do cultivo é importante para o manejo adequado das pragas, pois permite perceber o início das infestações, local de entrada e pressão populacional. Para isso, diferentes técnicas de amostragem podem ser usadas, como forma verificar a ocorrência e acompanhar a evolução das infestações (Holtz *et al.*, 2015). Recomenda-se a divisão da lavoura em talhões e a realização da amostragem periodicamente em diversos pontos (de uma a duas vezes/semana a depender da praga e pressão), em formato de zigui-zague, fazendo a análise visual das plantas (Cardoso, Pamplona e Michereff Filho, 2010). Moura *et al.* (2019) orientam a inspeção de cinco plantas em 20

pontos do talhão, totalizando 100 plantas. Já Holtz *et al.* (2015) recomendam a inspeção de pelo menos 40 à 50 plantas, distribuídas em dez pontos e 4 à 5 plantas por ponto. Hamilton *et al.* (2004), indicam um número mínimo ideal de 35 à 45 plantas amostradas, demonstrando que um número maior de plantas garante maior confiabilidade no resultado.

No caso da *P. xylostella*, também pode ser monitorada com o uso de armadilhas, usando feromônio para atração dos machos e possuindo superfície colante na qual os mesmos ficam grudados. As mesmas devem ser instaladas no centro e entorno da área, verificando periodicamente a presença e o número de adultos capturados (Cardoso, Pamplona e Michereff Filho, 2010). Já para pulgões e moça-branca, utiliza-se o procedimento de amostragem com a opção de verificação de apenas uma folha por planta, ou uso de armadilhas, constituídas de placas de cor amarelo-ouro revestida de material adesivo, ou bandejas amarelas com água e algumas gotas de detergente (Moura *et al.*, 2019).

Como forma de controle preventivo, é recomendado o uso de variedades resistentes e de mudas livres de contaminação, a realização da limpeza da área com antecedência ao plantio, eliminação de plantas hospedeiras, bem como a rotação de culturas, observando a sucessão de culturas que sejam hospedeiras da mesma praga e evitando o plantio em áreas próximas (Moura *et al.*, 2019).

O controle pode ser mecânico com a catação manual, por uso de armadilhas, biológico ou químico. O controle biológico é possível através do uso de inimigos naturais, seja com a sua liberação ou com introdução de práticas que favoreçam a permanência e desenvolvimento natural, como, por exemplo, uso de bioinseticidas seletivos (Holtz *et al.*, 2015).

Moura *et al.* (2019), citam o uso mais frequente da bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis*, bem como do parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley para controle da *Plutella xylostella*. Quanto aos pulgões, o predador mais comum é a joaninha. Mas também existem parasitoides e fungos patógenos (Holtz *et al.*, 2015).

O controle mais utilizado ainda é o controle químico com o uso de inseticidas sintéticos, considerado o mais eficiente e econômico, tendo em vista sua praticidade, aplicabilidade em grandes áreas e rapidez de ação. No entanto, seu uso indiscriminado, muitas vezes de forma errônea, tem permitido o

desenvolvimento de resistência por parte dos insetos, como o caso da *Plutella xylostella*, que tem desenvolvido e apresentado altos níveis de resistência a inseticidas sintéticos (Castelo Branco *et al.*, 2001; Holtz *et al.*, 2015).

Para a introdução de medida de controle, Moura *et al.* (2019) recomendam o índice de 15% de plantas infestadas para lagartas e 5% para pulgão. Já Holtz *et al.* (2015) indicam os índices de 5% especificamente para *Plutella xylostella*, 10% para as demais lagartas e 15% para pulgões. Como alternativa, têm sido avaliados a utilização de inseticidas botânicos, pois são biodegradáveis, de baixo custo e menos tóxicos ao homem.

2.7. Método Custo-benefício

A análise de custo-benefício (ou benefício/custo) é uma técnica clássica de avaliação de projetos, cuja aplicação prática iniciou-se nos Estados Unidos em 1936, inicialmente em projetos do exército e na construção de barragens, tornando-se obrigatória em 1974 como instrumento de análise exigido por agências reguladoras (Abelson, 2020). Fundamenta-se na necessidade de métodos consistentes para mensurar custos e benefícios, oferecendo embasamento técnico à tomada de decisão. Tradicionalmente utilizada na gestão de projetos públicos, busca quantificar e monetizar benefícios sociais para compará-los aos custos e investimentos realizados, incorporando posteriormente a abordagem de valoração social (Abelson, 2020; Torres, 2006).

Persky (2001) destaca que a análise de custo-benefício constitui a principal abordagem econômica para estabelecer diálogo entre economistas, gestores e sociedade sobre a viabilidade de programas públicos e investimentos. Em perspectiva teórica, a análise marginal de custo-benefício é definida como princípio econômico traduzido em método de cálculo, permitindo decisões racionais sobre investimentos e gestão empresarial (Pereira Junior *et al.*, 2020). Nesse contexto, Garrison, Noreen e Brewer (2012) ressaltam a importância de decisões complexas serem tomadas com base em informações claras e consistentes. O Índice Benefício/Custo (IBC), por sua vez, expressa o retorno esperado por unidade de capital investido, sendo critério para aceitação ou rejeição de projetos (Souza e Clemente, 2008). Trata-se da razão entre fluxos de benefícios e custos, que devem estar na mesma unidade de medida —

usualmente monetária —, onde custo é definido como todo fator desfavorável aos objetivos e benefício como todo fator favorável (Torres, 2006).

Nesse contexto, Souza e Clemente (2008) trazem a seguinte fórmula para o cálculo:

Índice Benefício/Custo (IBC) = Valor presente do fluxo dos benefícios / valor presente do fluxo dos investimentos

Se o índice for menor que um (<1), sinaliza que os custos são maiores que os benefícios, indicando a inviabilidade do projeto. Se o índice for maior que um (>1), sinaliza que os benefícios são maiores que os custos, indicando a viabilidade e que o projeto merece continuar sendo analisado (Souza e Clemente, 2008; Torres, 2006).

Segundo Pereira Junior *et al.* (2020), à luz do princípio econômico da análise marginal de custo-benefício, um projeto deve ser aprovado apenas quando os benefícios adicionais superam os custos adicionais, resumindo a decisão financeira à análise entre custos e benefícios marginais. Nessa perspectiva, Garrison, Noreen e Brewer (2012) destacam a análise diferencial, que considera apenas os custos e benefícios relevantes, ou seja, aqueles que variam entre as alternativas analisadas. Custos e benefícios irrelevantes — que ocorrem independentemente da decisão tomada — devem ser desconsiderados, evitando desperdício de tempo e reduzindo a complexidade da análise. A relevância de custos e benefícios depende do contexto, sendo necessária uma avaliação criteriosa em cada situação. Atualmente, a análise de custo-benefício é amplamente utilizada em pesquisas científicas para avaliar a eficácia de tecnologias em diferentes áreas, incluindo a horticultura e a agricultura familiar, onde estudos têm comparado a eficiência econômica entre inseticidas botânicos e sintéticos (Amoabeng *et al.*, 2014; Aziz *et al.*, 2013; Divekar *et al.*, 2024; Majerova e Abdrazakova, 2021; Rajappan *et al.*, 2000).

2.8. Análise de Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL ou também conhecido como NPV) é um método de análise de investimentos, na qual os valores do investimento e dos diversos períodos do fluxo de caixa (FC) são trazidos a data inicial do projeto, considerando o custo de capital ou a Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

estipulada pela empresa. O investimento inicial é subtraído da soma dos fluxos de caixa corrigidos a data zero, expressando a riqueza gerada pelo investimento no período analisado. Assim, caso o VPL seja superior a zero significa que o retorno sobre o investimento supera o custo de capital ou TMA gerando riqueza e demonstrando que o projeto é uma opção viável, caso contrário o projeto não atende a expectativa de rentabilidade esperada (Brigham e Ehrhardt, 2016; Ross *et al.*, 2015).

Brigham e Erhardt (2016) trazem a fórmula para o cálculo do VPL conforme abaixo, onde “t” são os vários períodos do fluxo de caixa e “r” a taxa estabelecida de custo de capital ou taxa mínima de retorno.

$$\text{VPL (NPV)} = \sum_{t=0}^n (\text{FC}_t / (1 + r)^t)$$

Dessa forma, observa-se que tanto o método de análise custo-benefício quanto o do Valor Presente Líquido (VPL) são ferramentas importantes para avaliar a viabilidade econômica de práticas agrícolas, permitindo identificar alternativas que conciliem eficiência de controle e retorno financeiro. Neste estudo, foram adotadas as duas técnicas por se basearem em metodologias distintas — uma centrada na relação entre benefícios e custos e outra na geração de riqueza —, ampliando o embasamento para a discussão da viabilidade do uso dos extratos de neem no cultivo da couve. Com base nos conceitos apresentados, o próximo capítulo descreve os materiais, métodos e procedimentos utilizados na condução do experimento e na análise dos resultados obtidos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

O presente estudo foi conduzido em condições de campo, com a cultura da couve manteiga (*Brassica oleracea* L.), variedade Royal Crop, da Takii Seed, no município de Dourados, Mato Grosso do Sul. A área experimental foi implantada na Fazendinha da Universidade Federal da Grande Dourados

(UFGD). As coordenadas do local de condução do experimento são 22°11'57.9"S 54°56'16.6"W. De acordo com Fietz *et. al* (2017), a classificação climática da região de Dourados-MS é clima mesotérmico úmido, com pequena deficiência hídrica, com verões quentes e invernos secos.

3.2. Preparo do solo e adubação

Previamente, foi realizada a análise do solo com o objetivo de fornecer subsídios para a recomendação agronômica de adubação e calagem necessária para a implantação da cultura. O solo foi classificado como tipo 3 (argiloso, com teor de argila igual ou superior a 35%) e pertencente à classe AD4, com capacidade de armazenamento de água entre 0,80 e 1,06 mm/cm³ de solo (Figura 7).

Figura 7 - Resultados da análise de solo realizada.

Resultado de Análise Química																
Cod. Lab.	Amostra	Prof.	pH		P(res)	P(mehl)	P(rem)	K	S	K	Ca	Mg	Al	H + Al	M.O.	C.O.
			CaCl ₂	Água												
13590	Amostra 01	0 - 20	5,1	ns	ns	12,5	ns	239,00	9,60	0,61	4,21	2,34	0,00	3,98	30,11	17,47

Resultados Complementares															
Cod. Lab.	Amostra	Prof.	SB	t	T	V	m	Ca/T	Mg/T	K/T	H+Al/T	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K
			cmol _c dm ⁻³			%		Relações Entre Bases (T) %				Relações Entre Bases			
13590	Amostra 01	0 - 20	7,16	7,16	11,14	64,27	0,00	37,80	21,00	5,50	35,70	1,80	6,90	3,80	10,70

Resultados de Micronutrientes							Resultados de Análise Física					
Cod. Lab.	Amostra	Prof.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Argila	Silte	Tipo Solo	Classe AD
			mg dm ⁻³					g Kg ⁻¹				
13590	Amostra 01	0 - 20	0,44	12,20	52,70	139,60	2,30	117	719	164	3	AD4

Fonte: Laudo emitido pelo Laboratório Sinergia Análises Agronômicas Ltda (2024).

O solo foi preparado por meio de subsolagem para descompactação e gradagem para nivelamento. Em seguida, foram demarcadas as fileiras de plantio, onde foi realizada a adubação em uma faixa de 50 cm de largura, com posterior incorporação ao solo. Na adubação de plantio, foi aplicado calcário dolomítico de efeito rápido na proporção de 100g por metro linear, adubo NPK 04-14-08 na proporção de 100g por metro linear e adubo orgânico (cama de frango) na proporção de um litro por planta (equivalente à 2L/metro linear) conforme Trani *et al.*, (2015).

Imediatamente após a adubação, foi realizado o plantio (01/06/2024), sendo que as mudas de couve manteiga foram adquiridas em agropecuária de Dourados. Para irrigação foi utilizado o sistema de gotejamento, realizando de acordo com a necessidade. Para manutenção da umidade no solo, bem como redução de infestação de plantas daninhas, foi utilizado cobertura morta, com palhada seca, disposta próxima das fileiras de plantio.

A adubação de cobertura foi realizada a cada 15 a 20 dias, com incorporação ao solo distante 15 cm da base das plantas. Utilizou-se uma mistura homogênea composta por adubo NPK (10-10-10) na dosagem de 3 g/planta, ureia com 46% de nitrogênio na quantidade de 2 g/planta e cloreto de potássio na proporção de 0,5 g/planta (KCL 60%). Essa dosagem corresponde à 30,5 kg de N/ha, 7,5 kg de P/ha e 15 kg de K/ha. Além disso, foi realizada a adubação de cobertura com boro, por meio da aplicação foliar de ácido bórico em solução a 0,1%, aplicada a cada 30 dias. O manejo da adubação de cobertura seguiu as recomendações de Trani *et al.* (2015).

3.3. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, composto por cinco repetições (parcelas) e cinco tratamentos: (1) extrato comercial de neem (OC), (2) extrato aquoso da folha fresca de neem triturada (EAF), (3) extrato etanólico de folha fresca de neem triturada (EEF), (4) extrato aquoso de folha de neem desidratada (EAP) e (5) controle (CONT – água). Cada repetição era composta por 8 plantas dispostas em duas fileiras, espaçadas por 80 cm entre fileiras e 50 cm entre plantas. A distância utilizada entre repetições foi de 1,2 metros. Para diminuir a influência de fatores externos, foram plantadas e mantidas duas linhas de plantas como bordadura nos quatro lados do experimento.

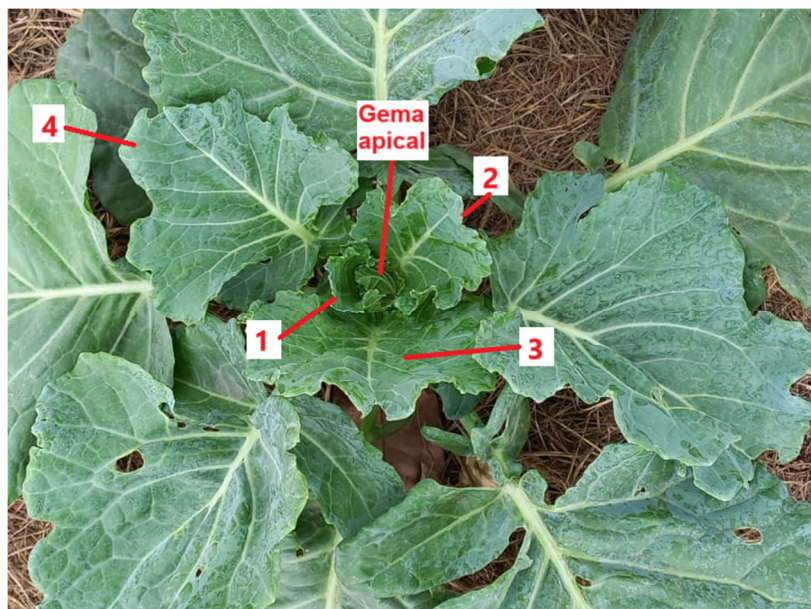
O extrato comercial utilizado foi o Openeem Valente®, seguindo a dosagem indicada pelo representante e de acordo com o que consta na bula (3 mL/litro de água), sem a necessidade de espalhante adesivo. O rótulo indica como princípio ativo extrato de *Azadirachta indica* na concentração de 81,5% (m/v). Sua indicação é de inseticida de amplo espectro, atuando por ingestão, causando efeito antialimentar e disfunções biológicas (Openeem, 2024).

3.4. Amostragem de pragas

Para verificar a eficiência dos tratamentos no controle das pragas, semanalmente foi realizado a amostragem das oito plantas componentes de cada repetição. Foi verificado a população e a infestação natural, considerando as larvas da traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), pulgões adultos (considerando o número total agrupando as espécies incidentes), larvas de broca-da-couve (*Hellula phidilealis*) e adultos da mosca-branca (*Bemisia tabaci*). As pragas acima foram pré-estabelecidas, considerando as principais pragas para a cultura verificadas na revisão de literatura, bem como a verificação das principais pragas que ocorrem nas produções locais.

O método amostral utilizado foi baseado em Moura *et al.* (2019), por meio de inspeção visual e contagem das pragas nas quatro folhas mais novas (faces adaxial e abaxial) e gema apical da planta (Figura 8). Para a Broca-da-couve, foi feita a avaliação da planta inteira, contabilizando os sinais de dano (furos da sua penetração) ou a sua própria visualização.

Figura 8 - Folhas consideradas para a amostragem.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

3.5. Aplicação dos extratos

O limiar de ação ou nível de controle foi o parâmetro utilizado para a definição da necessidade da aplicação dos extratos inseticidas. Carvalho e Barcellos (2012) definiram limiar de ação como o nível de infestação da praga a partir do qual faz-se necessário a realização de medida de controle, de forma a fornecer um intervalo necessário para que seja alcançado o controle da infestação, antes do alcance do nível de dano econômico (nível onde o prejuízo causado é maior que o custo do controle).

O nível de controle adotado foi o índice de infestação de 10% das plantas para pulgões, traça-das-crucíferas e outras lagartas (Holtz *et al.*, 2015; Moura *et al.*, 2019). O atingimento de um dos parâmetros acima era indicativo de necessidade de tratamento.

Assim, partindo do uso de um índice de infestação/ população de pragas como parâmetro para acionamento da necessidade de aplicação de cada tratamento, o número final de aplicações destes também refletiu a sua eficiência ou capacidade de controle de pragas. As aplicações dos tratamentos, quando necessárias, foram realizadas no dia seguinte ao da amostragem, sempre ao final do dia, para evitar a degradação dos compostos bioativos pelos raios solares (Viana, Prates e Ribeiro, 2006). A partir da amostragem do dia 03/07/2024, observando que a pressão da *P. xylostella* continuava em níveis elevados mesmo após 2 semanas de aplicações já realizadas, foi adotado o uso de duas aplicações semanais, aplicando no dia seguinte e quarto dia após a amostragem.

Para a aplicação foi utilizado pulverizador manual de 2 L com bico regulável e pressão de até 2 Bar. A pulverização foi homogênea sobre as plantas, sempre na ausência de vento.

Foi utilizado 2,5 mL de detergente neutro/litro de água como espalhante adesivo, conforme prática adotada pelos produtores orgânicos locais da Associação dos produtores orgânicos de Mato Grosso do Sul - Apoms e conforme orientação do minicurso de caldas e biofertilizantes ministrado na Tecnofam-2024². Para o Openeem não foi utilizado espalhante adesivo,

² Feira de tecnologias e conhecimentos para a agricultura familiar, organizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e realizada na cidade de Dourados. É considerada a maior feira da

seguindo a orientação do representante da empresa, segundo o qual o produto já possui tais propriedades.

3.6. Produção dos extratos de neem

Para a produção dos extratos bioinseticidas, as folhas de neem foram coletadas em plantas existentes no Campus da UFGD (Unidade II). A confirmação da identificação foi feita através de comparação com material depositado no herbário da UFGD, sob o número DDMS 2308.

3.6.1 Extrato aquoso de folha fresca de neem (EAF)

Para a preparação do extrato aquoso de folha fresca de neem, após coleta das folhas, fez-se a retirada dos pecíolos e a pesagem das mesmas, obedecendo a dosagem estipulada para uso, de 15g de folhas para cada litro de água (1,5% - P/V). Fez-se a trituração das folhas em liquidificador utilizando água aos poucos, até completar a proporção descrita acima, homogeneizando e deixando em repouso em embalagem fechada e em ambiente protegido da luz solar, por 24h. Decorrido o tempo de imersão, o material foi filtrado duplamente com auxílio de tecido de voil e peneira fina (usada para coagem de leite). O extrato resultante perdeu em torno de 5% de água do volume da calda, completando-se novamente com água, respeitando o volume inicialmente preparado e a respectiva dosagem.

O método de extração utilizado foi o preconizado por Depieri e Martinez, (2010) e Srinivasan *et al.* (2019), os quais testaram o mesmo extrato em diversas concentrações, incluindo 1,5% (P/V), para controle da broca no café, pulgões trips e broca da vagem.

3.6.2. Extrato aquoso de folha desidratada de neem (EAP)

Após coleta em campo, as folhas foram desidratadas em estufa com ventilação forçada e temperatura à 40°C, pelo período de 3 dias. Para a obtenção

do pó, as mesmas foram trituradas em moinho de facas (marca Lucadema - modelo 226/2 – ano 2021) utilizando peneira de 1,5mm. O pó obtido foi armazenado na geladeira até sua utilização, seguindo orientação de Neves *et al.* (2008).

Para a preparação do extrato, pesou-se o pó de folhas de neem, adicionando água na proporção de 115 g/litro (11,5% P/V), formando a solução de imersão, a qual foi homogeneizada (em 3 momentos distintos) e deixada em repouso em ambiente protegido da luz solar, por 24h. Após as 24h de imersão, fez-se a filtração igualmente ao EAF. O extrato resultante perdeu aproximadamente 24% do volume da calda (2,5L de solução - restando 1,9 L após a filtração), com a reposição da água absorvida na preparação da calda. Após a filtração, o extrato era imediatamente aplicado, seguindo dosagem e processo de extração conforme Viana, Prates e Ribeiro (2006).

3.6.3. Extrato Etanólico de folha fresca de neem (EEF)

O extrato etanólico pode ser usado imediatamente ou refrigerado em embalagem fechada para uso posterior. A preparação do extrato etanólico de folhas frescas de neem seguiu o método de extração recomendado por Mussury *et al.* (2012).

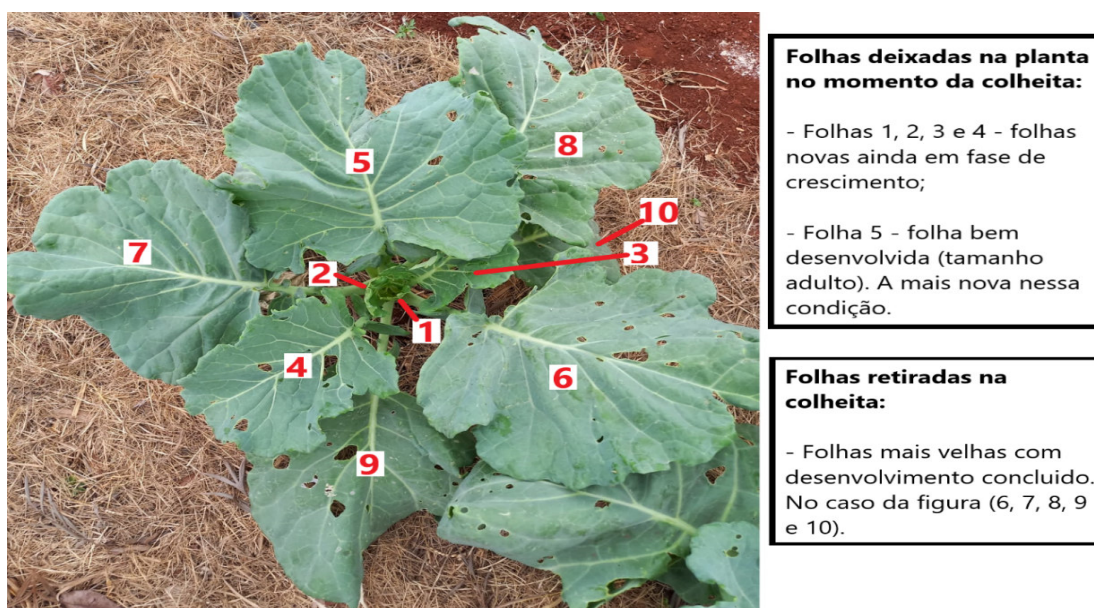
Foi utilizado a proporção de 250g de folhas frescas trituradas/ litro de álcool etílico 70% (25% P/V), permanecendo sob imersão por sete dias, em temperatura ambiente, embalagem fechada, à sombra e protegido da luz. Posteriormente, o extrato foi filtrado, estando pronto para diluição e pulverização. O extrato etanólico teve perda de volume após a filtração, obtendo 53% de rendimento em relação ao volume inicial (de 1L de solução de imersão, obtivemos 530 mL de extrato).

Na diluição para aplicação, foi utilizado a proporção de 10 mL do extrato etanólico obtido para 1L de água (1%), seguindo dose padronizada e recomendada por especialista em curso realizado na Tecnofam 2024.

3.7. Produtividade

Para avaliar a produtividade dos tratamentos, foram colhidas as folhas das quatro plantas centrais de cada repetição (total de 20 plantas por tratamento). Foram retiradas todas as folhas mais velhas e deixando na planta apenas uma folha em tamanho adulto (a mais nova nessa condição) e as folhas menores ainda em crescimento (Figura 9), seguindo as práticas adotadas por produtores locais. Folhas iniciais com limbo foliar inferior a 15 cm (tamanho mínimo para a comercialização) foram descartadas e não contabilizadas nos dados de produtividade (Figura 10). A definição do tamanho mínimo de 15 cm de limbo foliar segue as práticas dos produtores locais e a metodologia usada por Ponce *et al.* (2021).

Figura 9 - Ilustração das folhas a serem colhidas ou deixadas na planta no momento da colheita.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Figura 10 - Folhas iniciais desconsideradas para a colheita.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

A colheita foi iniciada 45 dias após o plantio e realizada em intervalos de 14 dias, sendo realizada 7 vezes, ocorrendo a última no dia 07/10/2024. As folhas colhidas foram classificadas visualmente, utilizando a escala de Ponce *et al.* (2021), considerando três classes: (1) folhas sem danos de pragas; (2) folhas com danos de pragas com perda de área foliar de até 5%; e (3) folhas com danos severos, apresentando perda de área foliar superior a 5% ou com estrutura comprometida (pecíolo comprometido, comprimento do limbo foliar inferior a 15 cm ou engruvinhamento). As classes 1 e 2 foram consideradas comercializáveis, enquanto a classe 3 inadequada à comercialização.

A eficiência dos tratamentos foi avaliada por meio da produtividade média comercializável por planta, considerando o número de folhas e o peso. A estimativa da produtividade por hectare foi obtida multiplicando a produção média por planta pela população de plantas por hectare (25.000 plantas/ha), referente ao espaçamento usado (0,8 m x 0,5 m).

3.8. Dano foliar

A avaliação de dano foliar foi utilizada como parâmetro para verificar e comparar a eficiência dos tratamentos, observando o percentual médio de perda de área foliar pelo ataque de pragas. Para a avaliação, foi considerada uma folha por planta colhida, em cada colheita, totalizando 20 folhas/tratamento/colheita. A

folha selecionada foi a mais nova colhida de cada planta, identificada pelo número seis na figura 9. Após a classificação e contabilização para a produtividade, as folhas selecionadas foram fotografadas em superfície plana com fundo branco, incluindo régua para referência da escala, para posteriormente análise no software ImageJ.

Através do software mensurou-se a área foliar total e área remanescente de cada folha, conforme procedimento descrito por Massarolli *et al.* (2019). Com estes dados foi possível calcular a área perdida por dano de pragas através da diferença da área foliar total e a área foliar remanescente. O dado utilizado para a análise estatística foi o percentual de perda de área foliar por dano de pragas, ou seja, a representatividade em percentual da área perdida sobre área total da folha. Nos casos em que o dano comprometeu o contorno da borda exterior da folha, foi empregada a ferramenta de desenho a mão livre para delimitar a borda.

3.9. Análise estatística

Os dados relativos às amostragens de pragas (*Plutella xylostella* e *Bemisia tabaci*), concentração da produtividade nas classes 1, 2 e 3, produtividade comercializável e total (em número de folhas e peso), e percentual de perda de área foliar por danos de pragas, foram submetidos a análise de normalidade pelo teste ShapiroWilk, análise de variância (ANOVA) e teste Tukey, considerando o nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$), para verificar se as diferenças encontradas são estatisticamente significativas e podem ser atribuídas aos tratamentos, bem como se há diferença entre os mesmos. Foi utilizado o software Sisvar (V 5.6) (Ferreira, 2019).

Para alcance da normalidade os dados de produtividade nas classes 1 e 3, bem como os dados de população e infestação de pragas foram transformados ($\sqrt{x}$).

Para a análise dos índices de população de pragas e infestação de plantas, foram considerados os dados amostrados após a realização de três aplicações dos tratamentos (a partir da amostragem de 11/jul), como forma de corrigir as diferenças de infestação inicial, que por ser natural é desigual, e seguindo o que preconiza a bula do Openeem Valente orientando a necessidade de três aplicações para alcance da eficiência do produto.

3.10. Cálculo de custo-benefício

A análise de custo-benefício foi realizada a partir da identificação e mensuração dos custos e benefícios relevantes, ou seja, que são gerados em função da aplicação daquele determinado tratamento, seguindo o conceito descrito por Garrison, Noreen e Brewer (2012) e método utilizado por Amoabeng *et al.* (2014), tendo como base a área de 1ha.

O benefício adicional dos tratamentos, foi representado pela parcela de receita gerada a maior pelo respectivo tratamento, em relação a receita gerada pelo tratamento controle (CONT). Para isso calculou-se as respectivas receitas de cada tratamento considerando um cenário de comercialização da produtividade comercializável produzida em kg/planta (classes 1 e 2), projetando para a produtividade de 1ha, transformando em número de maços (considerando peso médio de 400g/maço conforme indicação de Trani *et al.* (2015)) e multiplicando pelo valor de comercialização do maço (R\$ 2,3). Para o preço do maço de couve utilizamos o preço médio de comercialização do mesmo no Ceasa de Mato Grosso do Sul durante os anos de 2023 e 2024 (Ceasa/MS, 2024). Nesse caso, sem a classificação de produto orgânico, pois tal hipótese demandaria certificação e limitaria o uso de fertilizante NPK.

Na mensuração do custo adicional específico de cada tratamento, foi considerado despesas com mão-de-obra e materiais necessários para o preparo de cada extrato e aplicação deste, projetando a necessidade de 1ha, levando em consideração o número de aplicações conforme necessidade durante o experimento, e o volume de calda aplicado (300 l/ha). Os tempos de utilização de mão de obra e materiais consideraram o preparo de 20L de imersão de cada vez (no caso do EAF e EAP), assim como o uso de pulverizador costal de 20L para aplicação. O volume de cada imersão considerada para o EEF foi de 2L. No caso do EAP, as tarefas de coleta, desidratação e trituração para obtenção do pó, consideraram a produção de 5kg de pó de cada vez. Buscando adequar ao cenário do produtor rural, considerou-se para a desidratação o método feito de forma natural à sombra (Neves *et al.*, 2008), bem como a utilização de triturador elétrico modelo TRE25 2HP Bivolt Tramontina usando peneira de 3mm,

comum nas propriedades rurais, usado para a trituração de grãos de milho para alimentação dos animais. Foi feito o teste para confirmação da possibilidade da sua utilização, assim como para obtenção da produtividade.

Como parâmetro do custo da mão de obra, adotamos o valor médio da hora trabalhada de R\$ 15 reais, pago na região aos trabalhadores rurais diaristas (R\$ 120 reais, referente à uma diária de 8h). O valor foi obtido após consulta à extensionista da Apoms que acompanhava produtores da região, e à produtores rurais do Assentamento Itamarati em Ponta Porã (dezembro/2024). O custo de aquisição do extrato (R\$115 reais/L) foi baseado na cotação do mesmo, em agropecuárias de Dourados-MS em dezembro de 2024.

Os valores de custos e benefícios não foram corrigidos pela inflação do período, pois o experimento ocorreu por um período relativamente curto (4 meses e 10 dias), no qual os índices de inflação foram de 1,37% no Brasil (IPCA) (IBGE, 2024) e 0,70% nos Estados Unidos (CPI-U) (BLS, 2024). Os valores de custos e benefícios são apresentados em dólar americano (US\$) considerando a cotação de R\$ 5,5074 para US\$ 1 (cotação média durante o período do experimento - 01/06/2024 à 10/10/2024). Para o cálculo do índice de custo-benefício, foi utilizada a fórmula proposta por Souza e Clemente (2008):

Índice de custo-benefício = Valor presente do fluxo dos benefícios / valor presente do fluxo dos investimentos

Índice inferior a 1 indica inviabilidade do tratamento, enquanto valores maiores que 1 indicam viabilidade econômica do tratamento, expressando que os benefícios são maiores ou iguais aos custos demandados. Dessa forma, o tratamento que demonstra maior índice de custo-benefício, tem o maior retorno frente ao investimento do tratamento, sendo o mais eficiente.

3.11. Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL)

Para o cálculo do VPL de cada tratamento, assim como para o índice de custo-benefício, foram considerados apenas os custos e benefícios incrementais decorrentes de seu uso em específico, gerando o fluxo de caixa de cada mês, para então corrigi-los para o mês zero (junho) considerando a taxa mínima de atratividade (TMA). A TMA usada foi de 14,26% a.a. (1,11708% a.m.), sendo a taxa de remuneração de investimento prefixado no tesouro direto brasileiro

(Tesouro Nacional, 2025). Os dados também são apresentados em dólar americano.

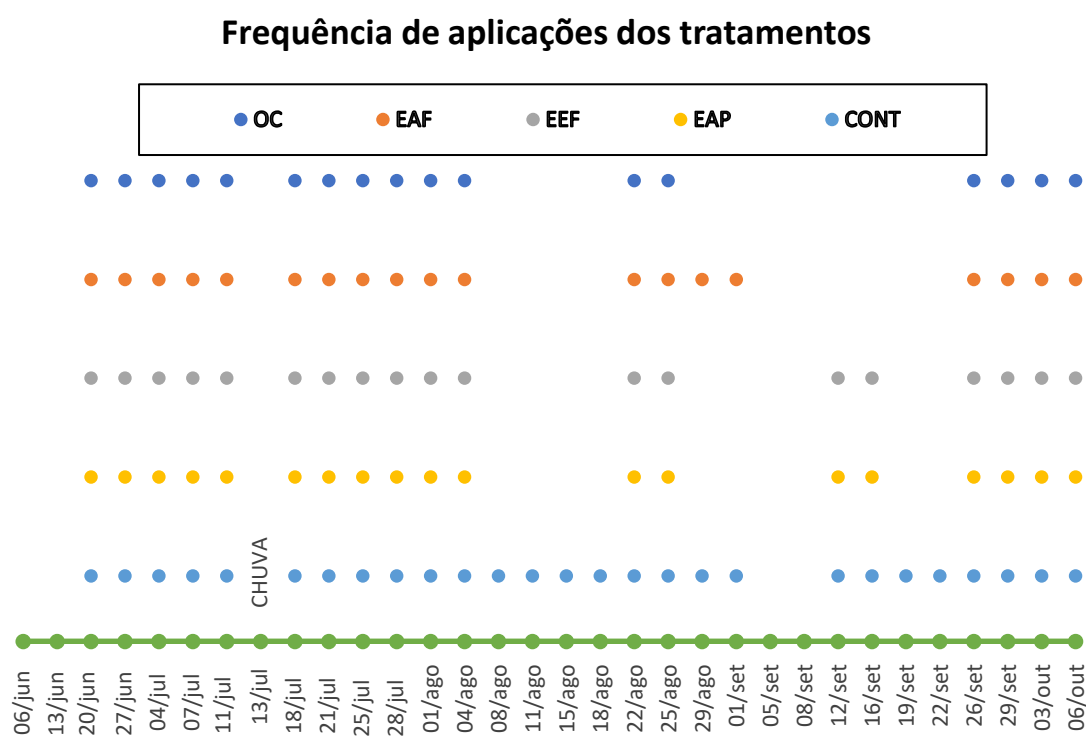
A fórmula usada para o cálculo do VPL é a indicada por Brigham e Erhardt (2016), onde “t” são os vários períodos do fluxo de caixa (FC) e “r” a taxa mínima de retorno estabelecida.

$$VPL = \sum_{t=0}^n (FC_t / (1 + r)^t)$$

4. RESULTADOS

As datas e o número de aplicações variaram entre os tratamentos, sendo reflexo do alcance do nível de controle em diferentes momentos. O tratamento OC demandou 17 aplicações, sendo o menor número entre os tratamentos, considerando que os extratos de neem produzidos (EAF, EEF e EAP) demandaram 19 aplicações cada. As datas das aplicações dos tratamentos são demonstradas na figura 11.

Figura 11 - Frequência de aplicações dos tratamentos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1. Ocorrência de pragas

As pragas com maior ocorrência durante o experimento foram a traça-das-crucíferas (*P. xylostella*) e a mosca-branca (*B. tabaci*), as quais alcançaram índices que viabilizaram a análise estatística.

Ocorreu diferença significativa entre os tratamentos, tanto nos dados de população média e percentual de plantas infestadas da *P. xylostella*, como da *B. tabaci* (Tabela 1). Para os índices de população de larvas e o percentual de plantas infestadas por *P. xylostella*, todos os extratos produzidos (EAF, EEF e EAP) foram estatisticamente iguais ao extrato comercial de neem (OC), os quais mantiveram os níveis de infestação e população em nível inferior ao tratamento controle (CONT) (Tabela1). Quanto a população média de larvas/planta verificou-se a média mais baixa nos extratos comercial de neem (OC) e extrato aquoso de folha desidratada de neem (EAP) com média de 0,26 larvas/planta, seguido do extrato etanólico folhas frescas de neem (EEF) com 0,28 larvas/planta, extrato aquoso de folhas frescas de neem (EAF) com 0,30 larvas/planta e tratamento controle (CONT) com 0,48 larvas/planta.

Em relação ao índice de infestação da *P. xylostella*, a menor infestação média foi encontrada no extrato aquoso de folha desidratada de neem (EAP) com 18,93%, seguido do extrato comercial de neem (OC) com 20%, do extrato etanólico folhas frescas de neem (EEF) com 20,54%, do extrato aquoso de folhas frescas de neem (EAF) com 21,07% e do tratamento controle (CONT) com 35,18% das plantas infestadas.

Referente a população média de adultos da mosca-branca (*B. tabaci*), apenas o extrato comercial de neem (OC) teve desempenho estatisticamente superior ao controle (CONT), apresentando média de 0,33 moscas/planta, porém apresentando o mesmo nível populacional dos demais extratos. Os demais extratos não diferenciaram do controle (CONT), apresentando respectivamente: extrato etanólico folhas frescas de neem (EEF) - 0,45 moscas/planta, extrato aquoso de folhas frescas de neem (EAF) - 0,46 moscas/planta, extrato aquoso de folha desidratada de neem (EAP) - 0,49 moscas/planta e tratamento controle (CONT) - 0,72 moscas/planta.

Tabela 1 - População de pragas e infestação de plantas, de *Plutella xylostella* e *Bemisia tabaci*, conforme os dados das amostragens realizadas durante o experimento, considerando os dados após a realização da terceira aplicação dos tratamentos.

Tratamentos	<i>Plutella xylostella</i> - População média/planta	<i>Plutella xylostella</i> - Infestação das plantas (%)	<i>Bemisia tabaci</i> - População média/planta	<i>Bemisia tabaci</i> - Infestação das plantas (%)
Extrato comercial de neem (OC)	0,26 ±0,05 a	20,0 ±2,62 a	0,33 ±0,09 a	18,75 ±2,88 a
Ext. aqu. folhas frescas de neem (EAF)	0,30 ±0,08 a	21,07 ±4,09 a	0,46 ±0,13 ab	23,21 ±3,14 a
Ext. etanólico folhas frescas de neem (EEF)	0,28 ±0,08 a	20,54 ±3,24 a	0,45 ±0,15 ab	25,89 ±7,93 ab
Ext. aqu. de folha desidratada de neem (EAP)	0,26 ±0,09 a	18,93 ±4,94 a	0,49 ±0,05 ab	27,14 ±3,51 ab
Controle (CONT)	0,48 ±0,05 b	35,18 ±5,61 b	0,72 ±0,19 b	36,61 ±7,93 b
CV (%)	13,27*	10,38*	15,67*	11,91*

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras distintas em uma mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey (p<0,05). CV – Coeficiente de variação.

*Indicam uso de valores transformados em ($\sqrt{x}$) para análise.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao índice de infestação média de plantas por mosca-branca, tanto o extrato comercial de neem (OC) como o extrato aquoso de folha fresca de neem (EAF) tiveram desempenho superior ao tratamento controle, apresentando respectivamente 18,75% e 23,21% das plantas infestadas. Os extratos EEF e EAP, embora foram estatisticamente semelhantes aos extratos de menor média (OC e EAF), também mantiveram o nível estatístico do tratamento controle (CONT), com 25,89%, 27,14% e 36,61% respectivamente das plantas infestadas.

Dentre as pragas inicialmente definidas como alvo nas amostragens, o pulgão teve ocorrência da espécie *Lipaphis Ereysimi* (Kalt.), porém em quantidade baixa inviabilizando a análise estatística. Da mesma forma, a broca-da-couve – *Hellula phidilealis* (Walker) teve ocorrência somente em um período de 4 semanas e em quantidades baixas. Outras pragas potenciais como a lagarta falsa-medideira e a curuquerê-da-couve não tiveram ocorrência no experimento. Houve ocorrência da vaquinha (*Diabrotica speciosa*), porém por ser uma praga secundária, a mesma não foi pré-estabelecida como alvo do monitoramento, não sendo feita a sua amostragem.

4.2. Produtividade

A análise de variância (ANOVA) dos dados de produtividade de couve em número de folhas e peso médio por planta, apontou diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos (Tabela 2).

Em relação a produtividade comercial alcançada, (soma das classes 1 – sem danos por pragas e 2- com perda de até 5% de área foliar por dano de pragas), todos os tratamentos com os extratos diferiram em relação ao tratamento controle (CONT), sendo semelhantes entre si e mantendo equivalência à produtividade comercial obtida com o tratamento do extrato comercial de neem (OC). Em relação aos dados de produtividade comercial em número de folhas, o extrato aquoso de folha fresca de neem (EAF) apresentou produtividade média de 78,55 folhas/planta, seguido do extrato comercial (OC) com 78,45 folhas/planta, do extrato aquoso de folha desidratada de neem (EAP) com 77,65 folhas/planta e do extrato etanólico de folha fresca de neem (EEF)

com 75,30 folhas/planta. O tratamento controle obteve 53,9 folhas/planta (Tabela 2).

Quanto aos dados de produtividade comercial em peso, manteve-se o mesmo cenário, sendo que o extrato comercial (OC) apresentou a média de 4,54kg/planta, seguido do extrato aquoso de folha fresca de neem (EAF) com 4,29kg/planta, do extrato etanólico de folha fresca de neem (EEF) com 4,15kg/planta e do extrato aquoso de folha desidratada de neem (EAP) com 4,13kg/planta. O tratamento controle obteve 2,99kg/planta.

Os tratamentos utilizando os extratos de neem geraram acréscimos de produtividade comercializável em relação ao tratamento controle. Considerando a produtividade comercializável em número de folhas, o maior incremento foi gerado pelo EAF com 45,73% de aumento em relação à alcançada no tratamento controle, seguido do OC com 45,55%, do EAP com 44,06% e do EEF com 39,70%. Este cenário se repetiu considerando a produtividade comercializável em peso, onde o maior incremento foi obtido no tratamento com OC com 51,84% de acréscimo, seguido do EAF com 43,14%, do EEF com 38,80% e do EAP com 38,13%.

Em relação a produtividade total em número de folhas, os tratamentos não diferiram estatisticamente, embora houve diferença entre as médias do tratamento com extrato comercial (maior média) e do tratamento controle (menor média), onde o OC alcançou 5,5% de adicional de produtividade (Tabela 2). Quanto a produtividade total em quilos/planta, o extrato comercial (OC) apresentou 4,81 kg/planta, sendo mais produtivo estatisticamente em relação ao controle (CONT), que apresentou 4,16 kg/planta. Já os extratos produzidos apresentaram equivalência produtiva entre si, não diferindo estatisticamente do OC e do CONT.

Na concentração da produtividade entre as três classes utilizadas para a classificação das folhas colhidas (Tabela 3), todos os tratamentos apresentaram maior concentração na classe dois, ou seja, apresentando folhas com danos, mas dentro de um limite de até 5% de perda de área foliar.

Tabela 2 - Produtividade média comercial, total (em número de folhas/planta e em kg/planta) e acréscimo da produtividade comercial em relação ao tratamento controle, obtidas através da aplicação de diferentes extratos de neem.

Tratamentos	Prod. Comercial (Folhas/planta)	Acréscimo de Prod. Comercial	Prod. Comercial (kg/planta)	Acréscimo de Prod. Comercial	Prod. Total (Folhas/planta)	Prod. Total (kg/planta)
Extrato comercial de neem (OC)	78,45 ±3,44 a	45,55%	4,54 ±0,43 a	51,84%	84,65 ±3,24 a	4,81 ±0,39 a
Ext. aquoso de folhas frescas de neem (EAF)	78,55 ±1,47 a	45,73%	4,28 ±0,22 a	43,14%	84,55 ±1,60 a	4,51 ±0,20 ab
Ext. etanólico folhas frescas de neem (EEF)	75,30 ±3,34 a	39,70%	4,15 ±0,17 a	38,80%	81,95 ±3,32 a	4,40 ±0,11 ab
Ext. aquoso de folha desidratada de neem (EAP)	77,65 ±2,80 a	44,06%	4,13 ±0,29 a	38,13%	83,35 ±1,37 a	4,30 ±0,26 ab
Controle (CONT)	53,90 ±4,53 b	-	2,99 ±0,34 b	-	80,20 ±1,91 a	4,16 ±0,22 b
CV (%)	5,03		8,45		3,28	6,40

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras distintas em uma mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey (p<0,05). CV – Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3 - Concentração da produtividade conforme classificação no momento da colheita (classes 1, 2 e 3), em número de folhas/planta e em kg/planta, gerando a produtividade comercializável (classes 1 e 2) e não comercializável (classe 3).

Tratamentos	Padrão comercial				Não comercializável	
	Classe 1- Folhas sem dano		Classe 2- Folhas com perda de até 5% de área foliar por dano de pragas		Classe 3- Folhas com perda de área foliar por dano de pragas acima de 5%	
	Folhas/planta	Kg/planta	Folhas/planta	Kg/planta	Folhas/planta	Kg/planta
Extrato comercial de neem (OC)	24,30 ±2,83 a	1,39 ±0,18 a	54,15 ±3,31 a	3,15 ±0,37 a	6,2 ±1,59 b	0,27 ±0,08 b
Ext. aqu. folhas frescas de neem (EAF)	20,90 ±4,44 a	1,17 ±0,23 a	57,65 ±3,61 a	3,12 ±0,29 a	6,00 ±0,63 b	0,23 ±0,03 b
Ext. etanólico folhas frescas de neem (EEF)	20,90 ±2,87 a	1,17 ±0,12 a	54,40 ±2,79 a	2,98 ±0,22 a	6,65 ±1,29 b	0,25 ±0,08 b
Ext. aqu. de folha desidratada de neem (EAP)	25,75 ±5,26 a	1,40 ±0,31 a	51,90 ±6,95 a	2,73 ±0,40 a	5,70 ±2,12 b	0,17 ±0,06 b
Controle (CONT)	5,30 ±1,06 b	0,29 ±0,06 b	48,60 ±4,41 a	2,70 ±0,31 a	26,3 ±3,99 a	1,17 ±0,18 a
CV (%)	10,44*	10,46*	9,35	12,41	12,50*	14,36*

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras distintas em uma mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV – Coeficiente de variação.

*Indicam o uso de valores transformados em $\sqrt{x}$ para a análise.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto à produtividade acumulada na classe 2, tanto em número de folhas, como em kg/planta, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Em quantidade de folhas os tratamentos apresentaram: EAF 57,65 folhas/planta, EEF 54,40 folhas/planta, OC 54,15 folhas/planta, EAP 51,9 folhas/planta e CONT 48,6 folhas/planta. Da mesma forma, em kg/planta a concentração dos tratamentos foi: OC 3,15 kg/planta, EAF 3,12 kg/planta, EEF 2,98 kg/planta, EAP 2,73 kg/planta e CONT 2,7 kg/planta.

Na classe 1 (folhas sem danos de pragas), todos os extratos de neem (EAP 25,75 folhas/planta, OC 24,3 folhas/planta, EEF 20,9 folhas/planta e EAF 20,9 folhas/planta), foram estatisticamente superiores ao tratamento controle (CONT 5,30 folhas/planta) e mantendo equivalência ao extrato comercial (OC). Da mesma forma, considerando a produtividade da classe 1 em Kg/planta, o cenário foi o mesmo, com a obtenção de maior produtividade dos extratos frente ao controle (EAP 1,40 kg/planta, OC 1,39 kg/planta, EEF 1,17 kg/planta, EAF 1,17 kg/planta e CONT 0,29 kg/planta).

Como reflexo, na classe 3 (não comercializável) tanto em número de folhas como em peso, o tratamento controle (CONT) apresentou a maior média (26,3 folhas/planta e 1,17 kg/planta) sendo estatisticamente diferente dos demais tratamentos que foram equivalentes entre si (EEF 6,65 folhas/planta – 0,25 kg/planta, OC 6,2 folhas/planta – 0,27 kg/planta, EAF 6,00 folhas/planta – 0,23 kg/planta e EAP 5,70 folhas/planta – 0,17 kg/planta).

4.3. Análise de dano foliar através do software ImageJ

Houve diferença estatística entre os tratamentos, considerando os dados de percentual de perda de área foliar por dano de pragas (Tabela 4), mensurado com auxílio do software ImageJ. Os tratamentos utilizando os extratos de neem foram estatisticamente iguais entre si, inclusive com o extrato comercial de neem, e superiores ao tratamento controle, apresentando menores percentuais de perda de área foliar por dano de pragas.

O menor percentual de perda de área foliar foi verificado no tratamento com o extrato aquoso de folhas desidratadas de neem (EAP) apresentado 1,44% de perda média, seguido do extrato aquoso de folhas frescas de neem (EAF) com 1,47% de perda, do extrato etanólico de folhas frescas de neem (EEF) com

1,84% de perda, e do extrato comercial de neem com 1,99% de perda de área foliar. O tratamento controle apresentou 5,92% de perda de área foliar por dano de pragas.

Tabela 4 – Perda média de área foliar por dano de pragas verificado através do software ImageJ (em %).

Tratamentos	Perda de área foliar (em %)
Extrato comercial de neem (OC)	1,99 ±0,54 b
Ext. aquoso de folhas frescas de neem (EAF)	1,47 ±0,32 b
Ext. etanólico folhas frescas de neem (EEF)	1,84 ±0,77 b
Ext. aquoso de folha desidratada de neem (EAP)	1,44 ±0,64 b
Controle (CONT)	5,92 ±0,46 a
CV (%)	25,02

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras distintas em uma mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV – Coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4. Cálculo do índice de custo-benefício

4.4.1. Estratificação do benefício adicional resultante dos tratamentos

Abaixo apresentamos a tabela 5 com os benefícios adicionais alcançados pelos tratamentos em relação ao tratamento controle (CONT), convertidos em US\$.

Tabela 5 - Cálculo de benefícios adicionais gerados pelos tratamentos:

Tratamento	OC	EAF	EFF	EAP	CONT
Produtividade média comercializável (kg/Planta)	4,542	4,285	4,150	4,128	2,985
Produtividade comercializável (Toneladas/ha) -	113,550	107,125	103,750	103,200	74,625
Produtividade (maços/ha) - peso médio de 400g/maço	283.875	267.813	259.375	258.000	186.563
Preço médio do maço, em US\$.	0,4176	0,4176	0,4176	0,4176	0,4176

Receita gerada em US\$/ha	118.546,20	111.838,50	108.315,00	107.740,80	77.908,50
Benéfico adicional em US\$/ha	40.638	33.930	30.407	29.832	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

O tratamento com maior benefício adicional gerado foi o que utilizou a aplicação de extrato comercial de neem (OC), gerando US\$ 40.638 dólares acima da receita gerada no tratamento controle (CONT). Os tratamentos utilizando os extratos de produção própria também geraram benefícios sendo: extrato aquoso de folha fresca de neem (EAF) - US\$ 33.930, extrato etanólico de folha fresca de neem (EEF) - US\$ 30.407 e extrato aquoso de folha desidratada de neem (EAP) - US\$ 29.832 dólares (Tabela 4).

4.4.2. Cálculo dos custos adicionais dos tratamentos

Os custos relevantes (que diferem entre os tratamentos) estão mensurados abaixo separadamente por tratamento. O custo do tratamento EAF aplicado (Tabela 6), projetado para a área de 1ha para o tempo e condições do experimento foi de US\$ 1.410,50. Mais de 85% do custo é referente à mão de obra, tendo em vista a necessidade para preparo do extrato e aplicação.

Tabela 6 - Custos adicionais do tratamento utilizando o extrato aquoso de folha fresca de neem (EAF), em US\$, projetados para a área de 1ha, seguindo as condições e tempo de condução do experimento.

Item gerador de custo	Custo adicional gerado /Ha
Materiais de consumo utilizados (2 pulverizadores costal de 20L, liquidificador, balança eletrônica de cozinha, balde plástico, 3 tambores de plástico 50l, coador e 1 metro de tecido voil)	US\$ 172,31
Mudas de neem 1m de altura (2 unidades)	US\$ 18,16
Custo energia elétrica na trituração da folha fresca (Liquidificador Britania Diamante 600W)	US\$ 1,35
Custo mão de obra de coleta, retirada dos pecíolos, pesagem, trituração e preparo da imersão (usando como base o tempo de preparo de 20L)	US\$ 450,21
Custo da mão de obra com a filtragem e preparo da calda (usando como base o tempo de preparo de 20L)	US\$ 232,87

Custo da mão de obra para aplicação utilizando pulverizador de 20L	US\$ 520,07
Custo do espalhante adesivo (detergente neutro - 2,5mL/L de calda)	US\$ 15,52
Custo adicional total relativo ao tratamento EAF	US\$ 1.410,50

Fonte: Elaborado pelo autor.

O custo específico ao tratamento EAP, considerando sua aplicação nas condições do experimento e projetado para a área de 1ha, é demonstrado abaixo na Tabela 7 e foi de US\$ 2.662,63. Os custos com mão de obra representaram cerca de 90% do custo total deste tratamento.

Tabela 7 - Custos adicionais do tratamento utilizando o extrato aquoso de folha desidratada de neem (EAP), em US\$, projetados para a área de 1ha, seguindo as condições e tempo de condução do experimento.

Item gerador de custo	Custo adicional gerado /Ha
Custo com depreciação Triturador Elétrico TRE25 2HP Bivolt Tramontina (vida útil de 10 anos conforme orientação da Receita Federal)	US\$ 10,78
Custo dos materiais de consumo utilizados (2 pulverizadores costal 20L, balança eletrônica de cozinha, balde plástico, 3 tambores de plástico 50l, coador e 1 metro de tecido voil)	US\$ 155,97
Mudas de neem -1m de altura (5 unidades)	US\$ 45,39
Custo energia elétrica na trituração do pó (Triturador Elétrico TRE25 2HP Bivolt Tramontina)	US\$ 42,78
Custo mão de obra de coleta e realização da desidratação a sombra (usando como base o preparo de 5kg de pó/batelada)	US\$ 831,96
Custo mão de obra de trituração, incluindo organização e limpeza (usando como base o preparo de 5kg de pó/batelada)	US\$ 357,07
Custo mão de obra da pesagem, preparo da imersão e homogeneização (usando como base o tempo de preparo de 20L)	US\$ 256,16
Custo da mão de obra para filtragem e preparo da calda (usando como base o tempo de preparo de 20L)	US\$ 426,93
Custo da mão de obra para aplicação utilizando pulverizador de 20L	US\$ 520,07
Custo do espalhante adesivo (detergente neutro - 2,5mL/L de calda)	US\$ 15,52
Custo adicional total relativo ao tratamento EAP	US\$ 2.662,63

Fonte: Elaborado pelo autor.

O custo relativo ao controle EEF, projetado para a área de 1ha para o tempo e condições do experimento, foi de US\$ 1.083,93, lembrando que nesse caso o extrato é diluído para a aplicação, usando a dose de 10ml/L de água (Tabela 8). Os custos de mão de obra representaram 66,9% do custo total.

Tabela 8 - Custos adicionais do tratamento utilizando o extrato etanólico de folha fresca de neem (EEF), em US\$, projetados para a área de 1ha, seguindo as condições e tempo de condução do experimento.

Item gerador de custo	Custo adicional gerado /Ha
Custo de materiais de consumo utilizados (2 pulverizadores costal de 20L, liquidificador, balança eletrônica de cozinha, balde plástico e coador).	US\$ 109,67
Custo mudas de neem - 1m de altura (2 unidades)	US\$ 18,16
Custo álcool Etílico 70%	US\$ 214,81
Custo energia elétrica na trituração das folhas frescas (Liquidificador Britania Diamante 600W)	US\$ 0,51
Custo da mão de obra com coleta, retirada do pecíolo, pesagem, trituração, preparo da imersão e filtragem (usando como base o tempo de preparo de 2L de imersão - 1,060L de extrato)	US\$ 73,22
Custo da mão de obra para diluição e preparo da calda (usando como base o tempo de preparo de 20L)	US\$ 131,96
Custo da mão de obra para aplicação utilizando pulverizador de 20L	US\$ 520,07
Custo do espalhante adesivo (detergente neutro - 2,5mL/L de calda)	US\$ 15,52
Custo adicional total relativo ao tratamento EEF	US\$ 1.083,93

Fonte: Elaborado pelo autor.

O cálculo do custo adicional do tratamento do extrato comercial de neem (OC) seguiu o mesmo cenário de volume de calda/ha e forma de aplicação dos demais extratos, obtendo o custo de US\$ 991,21 (Tabela 9). A mão de obra representou 58,8% do custo deste tratamento.

Tabela 9 - Custos adicionais do tratamento utilizando o extrato comercial de neem (OC), em US\$, projetados para a área de 1ha, seguindo as condições e tempo de condução do experimento.

Item gerador de custo	Custo adicional gerado /Ha
Custo aquisição pulverizador costal de 20L (2 unid.)	US\$ 73,72
Custo aquisição Openeem Valente	US\$ 334,10
Custo da mão de obra para diluição e preparo da calda (usando como base o tempo de preparo de 20L)	US\$ 118,07
Custo da mão de obra para aplicação utilizando pulverizador de 20L	US\$ 465,33
Custo adicional total relativo ao tratamento OC	US\$ 991,21

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4.3. Índice de custo-benefício

Após a estratificação dos benefícios e custos adicionais dos tratamentos, apresentamos abaixo a Tabela 10 com o demonstrativo do cálculo do índice de custo-benefício dos respectivos tratamentos. Todos os tratamentos utilizando extratos de neem alcançaram índice de custo-benefício maior que um, ou seja, são viáveis gerando benefício maior que o custo dispendido para a realização do tratamento. O extrato comercial de neem (OC) apresentou o índice de 1:41, sendo o maior entre os tratamentos, ou seja, o mais eficiente e com maior retorno para cada dólar investido no tratamento. O extrato etanólico de folha fresca de neem (EFF) obteve o índice de 1:28,05, sendo o segundo melhor considerando todos os extratos e o melhor entre os extratos de produção própria. O extrato aquoso de folha fresca de neem (EAF) obteve o índice de custo-benefício de 1:24,06 e em última posição o extrato aquoso de folha desidratada de neem (EAP) apresentou o índice de 1:11,20.

Tabela 10 - Cálculo do índice de custo-benefício dos tratamentos.

Tratamento	Benefício US\$/ha (receita adicional ao tratamento controle)	Custo do tratamento (US\$/ha)	Índice custo-benefício
Extrato comercial de neem (OC)	40.638	991,21	1:41,00
Extrato aquoso de folha fresca de neem (EAF)	33.930	1.410,50	1:24,06

Extrato etanólico de folha fresca de neem (EFF)	30.407	1.083,93	1:28,05
Extrato aquoso de folha desidratada de neem (EAP)	29.832	2.662,63	1:11,20

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4.4. Valor Presente Líquido (VPL)

Inicialmente calculou-se o fluxo de caixa (FC) incremental dos tratamentos (Tabela 11) através do qual verifica-se os saldos financeiros de cada período, resultantes das entradas e saídas de recursos financeiros. A demonstração estratificada de cada fluxo de caixa/tratamento pode ser verificada no apêndice E.

Tabela 11 - Fluxo de caixa incremental para cada período, dos tratamentos (em US\$).

Período	Saldo FC OC	Saldo FC EAF	Saldo FC EEF	Saldo FC EAP
Mês 0 - Jun/24	- 184,12	- 318,90	- 228,47	- 461,80
Mês 1 - Jul/24	7.313,48	6.075,83	2.225,25	2.957,68
Mês 2 - Ago/24	5.698,97	4.846,99	5.456,16	2.900,88
Mês 3 - Set/24	14.245,29	10.822,09	12.425,19	11.958,01
Mês 4 - Out/24	12.574,81	11.095,11	9.445,89	9.816,31

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já na tabela 12 estão demonstrados os saldos de cada período trazidos ao período inicial, corrigidos considerando a taxa mínima de atratividade (TMA) de 14,26% a.a. (1,11708% a.m.), e consequentemente o VPL incremental de cada tratamento.

Tabela 12 - Cálculo do VPL incremental dos tratamentos (em US\$/ha).

Períodos	VPL OC	VPL EAF	VPL EEF	VPL EAP
Mês 0 - Jun/24	- 184,12	- 318,90	- 228,47	- 461,80
Mês 1 - Jul/24	7.232,68	6.008,70	2.200,67	2.925,01
Mês 2 - Ago/24	5.573,75	4.740,48	5.336,27	2.837,14
Mês 3 - Set/24	13.778,36	10.467,37	12.017,93	11.566,06
Mês 4 - Out/24	12.028,27	10.612,89	9.035,34	9.389,67
	38.428,95	31.510,55	28.361,74	26.256,08

Fonte: Elaborado pelo autor.

Todos os tratamentos com os extratos de neem apresentaram VPL incremental positivo, ou seja, são viáveis pela análise por este método. O

tratamento utilizando o extrato comercial (OC) resultou um VPL incremental de US\$ 38.428,95/ha, sendo o maior dentre os tratamentos e resultando em maior valor agregado ao final da produção. O segundo maior VPL foi do tratamento EAF com US\$ 31.510,55/ha, seguido do EEF com US\$ 28.361,74/ha, e do EAP com US\$ 26.256,08/ha. Os investimentos não são mutuamente excludentes.

5. DISCUSSÃO

A necessidade do controle de pragas para a produção de alimentos bem como a crescente preocupação com o consumo de alimentos saudáveis livres de resíduos de agrotóxicos, tem contribuído com a busca pelo desenvolvimento de métodos produtivos mais sustentáveis. O neem (*Azadirachta indica* A. Juss) insere-se nesse contexto como uma alternativa para o controle ecológico de pragas, entretanto ainda falta clareza quanto a eficiência e viabilidade de produção e uso de extratos elaborados de diferentes formas para a cultura da couve, visando alternativas mais acessíveis aos pequenos produtores rurais. Nesta seção discutem-se os resultados obtidos referente à eficiência no controle das principais pragas da cultura da couve, redução no percentual de dano foliar e aumento da produtividade comercializável, bem como a viabilidade econômica da produção e utilização de extratos de neem com três formas de produção diferentes.

Quanto ao controle das pragas avaliadas, o extrato comercial de neem (Openeem Valente®) mostrou-se eficiente no controle de ambas as pragas avaliadas (*P. xylostella* e *B. tabaci*), reduzindo as médias de infestação/população a níveis inferiores ao do tratamento controle, resultando reduções populacionais de 46% e 54% respectivamente. Já os extratos aquosos e etanólico demonstraram melhores resultados no controle da *P. xylostella*, principal praga da cultura, também reduzindo as médias populacionais e de infestação à níveis inferiores ao tratamento controle e mantendo-se estatisticamente equivalentes ao tratamento com o extrato comercial. Dentre estes tratamentos, o que apresentou maior redução da média populacional de *P. xylostella* foi no tratamento com EAP apresentando 46%, e o de menor redução foi o EAF com 37,5%.

Para *B. tabaci*, os tratamentos com os extratos de produção própria foram menos eficientes em relação a redução populacional/infestação. Embora tenham apresentado médias menores, estatisticamente semelhantes ao nível do tratamento com o OC, as reduções não foram suficientes para diferirem estatisticamente do tratamento controle, com exceção ao EAF na média de infestação.

Ngosong *et al.* (2021) também observaram redução populacional de ambas as pragas em repolho, com redução acima de 80% para *P. xylostella* e 50% para *Bemisia tabaci*, além de resultados similares para a broca da couve (*Hellula undalis*), pulgão (*Brevicoryne brassicae*) e trips (*Thrips tabaci*), ao avaliarem o uso de extrato aquoso de neem obtido por imersão de 50g/l de sementes em água com repouso por uma noite. A maior redução registrada por Ngosong, pode estar ligada à maior concentração de azadiractina nas sementes em comparação às folhas, conforme relatado por Neves *et al.* (2008) e Schmutterer (1990).

Resultado semelhante ao apresentado por Ngosong *et al.* (2021) na redução populacional da *P. xylostella* também foi verificado por Divekar *et al.* (2023), através do uso de óleo de neem comercial em produção de repolho a campo, observando redução de 70% na população.

Abubakar *et al.* (2023) também avaliaram extratos de folhas de neem no controle da *B. tabaci* em condições de campo, alcançando redução de 95% da população da praga no cultivo de beringela na Nigéria. O extrato aquoso utilizado foi obtido através da trituração e fervura de folhas frescas de neem por 30 minutos, na proporção de 10% (p/v), posteriormente aplicado com a dose de 60ml/L de água. A diferença de eficiência observada entre o estudo de Abubakar *et al.* (2023) e presente trabalho pode estar relacionada ao método distinto de preparo dos extratos, assim como a menor população da praga observada no presente estudo, que apresentou média de 0,72 mosca-branca/planta no tratamento controle, enquanto os autores relataram população acima de 50 moscas-brancas/planta. Outro fator explicativo pode ser a variação de concentração de azadiractina nas folhas, conforme apontado por Kumar *et al.* (2022), Morgan (2009) e Neves *et al.* (2008), que destacam a influência de fatores edafoclimáticos sobre sua concentração.

Embora a mortalidade não tenha sido avaliada especificamente neste estudo, parte da redução da média populacional de *P. xylostella* observada, pode estar atrelada ao efeito larvícida dos extratos de neem. Ahmad *et al.* (2019) relataram mortalidade de 70% de larvas de 3º instar da *P. xylostella*, quando alimentadas com discos foliares tratados com extrato aquoso de folhas frescas de neem trituradas em laboratório. A proporção utilizada pelos autores equivale a 75g de folhas frescas de neem por litro de água.

Resultados ainda superiores relatados por Degaga e Degaga (2024) também demonstram a eficiência e a possibilidade de uso de extratos aquosos de folhas de neem, em substituição às sementes, registrando 100% de mortalidade de larvas de 3º instar da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) usando diferentes extratos de neem.

Tanto a mortalidade quanto a redução do nível populacional e o efeito antialimentar refletem diretamente no nível de dano das folhas de couve colhidas, tornando a análise de dano foliar um parâmetro importante na avaliação da eficiência dos tratamentos. A comparação das médias de perda de área foliar obtidas pelo software ImageJ indicou que os extratos aquosos e etanólicos de folhas de neem foram equivalentes entre si e mantiveram desempenho semelhante ao tratamento com o extrato comercial, apresentando reduções de perda de área foliar por dano de pragas, em relação ao tratamento controle, de 75,7% (EAP), 75,17% (EAF), 68,92% (EEF) e 66,39 (OC).

Nossos resultados foram inferiores aos relatados por Jababu, Kopta e Pokluda (2019) que verificaram em laboratório, redução de 87% no consumo foliar de repolho por *P. xylostella*, com a utilização de NeemAzal à 2%. A diferença de eficiência de redução de área danificada entre os estudos pode estar atrelada ao fato que o ambiente de campo traz elementos adicionais que fogem ao controle do pesquisador e que tendem a diminuir a eficiência, como a degradação dos compostos ativos dos extratos provocada pelos raios solares (Viana, Prates e Ribeiro, 2006). Outro ponto que observamos, foi o ataque da *P. xylostella* na gema apical da planta, onde uma pequena área consumida na folha em miniatura se torna uma grande área danificada após o desenvolvimento completo da folha, potencializando o dano provocado por uma única larva.

Avaliando a produtividade comercializável nas condições do experimento, todos os tratamentos com os extratos de neem resultaram em maior volume

comercializável de couve em comparação ao tratamento controle, sendo estatisticamente similares entre si e ao extrato comercial (OC). O percentual de acréscimo do volume de couve comercializável foi superior a 38% com todos os extratos, atingindo 51,84% no tratamento OC, considerando a produtividade em kg/planta. As evidências demonstram que tais extratos reduzem os danos de pragas e conseqüentemente as perdas geradas. Não houve diferença significativa ou mudança de cenário entre os resultados analisados em kg/planta ou número de folhas/planta, considerando a produtividade comercializável, o que reforça a similaridade de eficiência entre os tratamentos. Assim, optou-se por discutir prioritariamente os dados em kg/planta, por também terem sido utilizados nos cálculos de viabilidade econômica.

Considerando que não foram encontrados estudos avaliando extratos de neem na cultura da couve, para discussão dos efeitos dos tratamentos sobre a produtividade encontrada, traz-se dados de efeitos encontrados em outras culturas, num papel de *proxy*, com a utilização de extratos de neem. Nossos resultados foram ligeiramente inferiores, mas de certa forma similares aos reportados por Seni *et al.* (2025), que verificaram rendimentos produtivos de arroz utilizando óleo de neem comercial e extrato aquoso de folhas frescas de neem para o controle de pragas lepidópteras (broca-amarela-do-caule e dobrador-de-folhas). A produtividade alcançada utilizando o extrato aquoso de neem (4,66ton/ha) foi muito próxima da produtividade alcançada com o inseticida sintético (4,68ton/ha) e acima da obtida com o óleo de neem comercial (4,33ton/ha), representando aumentos de 51,27%, 51,44% e 47,62% respectivamente, em relação ao controle.

Resultado similar foi observado por Choudhury *et al.* (2021) na produção de quiabo, observando o controle da broca-do-broto e fruto, onde tanto os tratamentos utilizando Azadiractina à 1% quanto inseticida sintético apresentaram produtividade estatisticamente iguais, sendo cerca de 50% superiores à alcançada no tratamento controle. Já Akhter *et al.* (2023), por sua vez, registraram aumento de produtividade ainda maior, em torno à 65%, ao utilizarem extrato aquoso de sementes de neem, bem como com inseticida sintético, no controle de pragas lepidópteras no tomate.

Não foram encontrados estudos que avaliassem diretamente a produtividade de couve utilizando extratos a base de neem, entretanto, os

estudos citados acima demonstram resultados satisfatórios com a elevação de produtividade em outras culturas por reflexo do controle de pragas alcançado com extratos de neem, corroborando seu potencial inseticida.

Cabe destacar que não houve diferença estatística entre a produtividade total em número de folhas/planta, o que sugere que não houve aumento de produtividade por consequência do uso dos extratos, concentrando os ganhos de produtividade comercializável na redução das perdas por dano de pragas.

Importante ressaltar também a coerência dos resultados de eficiência dos tratamentos entre os diferentes parâmetros analisados neste estudo. As métricas de população/infestação de *Plutella xylostella* (principal praga da cultura), de produtividade comercializável e de percentual de perda de área foliar por danos de pragas apresentaram o mesmo padrão de significância estatística: os tratamentos com extratos de neem de produção própria, assim como o extrato comercial, diferiram do controle, mas não entre si. Esse padrão indica maior robustez dos resultados, dada a correlação entre as variáveis — a manutenção da infestação em níveis reduzidos tende a minimizar o dano foliar e, consequentemente, aumentar a produtividade comercializável.

Apenas para os dados referentes à população/infestação de *B. tabaci* não se observaram diferenças significativas entre os extratos produzidos e o tratamento controle; contudo, trata-se de uma praga secundária e não desfolhadora, que manteve baixos níveis populacionais ao longo do experimento. Estudos como os de Abubakar *et al.* (2023) e Ngosong *et al.* (2021) indicam que, em condições de maior infestação, a eficiência dos tratamentos à base de neem sobre essa praga tende a ser mais pronunciada.

Na avaliação de viabilidade, através do índice de custo-benefício, todos os tratamentos com os extratos — tanto o comercial como os de produção própria — apresentaram índices superiores a 1, demonstrando suas viabilidades no controle e redução de perdas ocasionadas por pragas. De acordo com Souza e Clemente (2008), quanto maior o índice maior é sua viabilidade, ou seja, maior é o retorno proporcional aos custos despendidos para a sua aplicação. Nesse sentido, o extrato comercial apresentou maior viabilidade, com índice de 1:41. Dentre os extratos produzidos, o extrato etanólico de folha fresca (EEF) apresentou índice de 1:28,05, sendo o mais viável, enquanto o extrato aquoso de pó (EAP) apresentou o menor índice (1:12,04).

Neste estudo, o índice de custo-benefício foi consequência da eficiência de controle de pragas, com a redução de perdas e consequentemente aumento de receita, bem como do custo de aquisição/produção do extrato, onde os processos diferentes de produção destes, juntamente com o número necessário de aplicações, geraram maior ou menor custo de controle, impactando diretamente numa maior ou menor viabilidade.

A maior viabilidade do extrato comercial (OC), considerando o cenário de igualdade estatística aos demais tratamentos nas médias de produtividade, população de pragas e percentual de perda de área foliar por dano de pragas, deve-se ao fato deste tratamento ter apresentado menor custo de controle (US\$ 991,21/ha) sendo reflexo do menor número de aplicações necessárias (17) e menor custo de aquisição/produção/aplicação, somado ao pequeno adicional na produtividade média comercializável (0,260 kg/planta).

Nos extratos de produção própria, a produtividade média comercializável foi muito similar (EAF – 4,28 kg/planta; EEF – 4,15 kg/planta; EAP – 4,13 kg/planta), assim como o número de aplicações (19). Dessa forma, o custo de produção dos extratos influenciou de forma mais acentuada nas diferenças entre os índices de custo-benefício destes tratamentos. Embora o tratamento EAF tenha apresentado maior benefício por hectare (US\$ 33.930/ha) em relação ao EEF (US\$ 30.407/ha), o custo de controle mais elevado do primeiro (US\$ 1.410,50/ha) em relação ao segundo (US\$ 1.083,93/ha), tornou o extrato etanólico mais viável com índice de custo-benefício de 1:28,05 em comparação ao EAF com 1:24,06.

Da mesma forma, o menor custo de controle do tratamento EEF (US\$ 1.083,93/ha), em comparação ao EAP (US\$ 2.662,63/ha), foi determinante para a diferença positiva no índice de custo-benefício entre ambos (1:28,05 e 1:11,20 respectivamente), já que o benefício/ha de ambos foi muito próximo. Esse resultado reforça a importância do componente “custo” na análise de viabilidade.

Os índices obtidos neste estudo foram superiores aos relatados por Akhter *et al.* (2023), que encontraram índice de 1:9,26 para o uso de extrato aquoso de sementes de neem trituradas (100g/L – aplicado a 2%), para o controle de pragas lepidópteras na produção de tomate, sendo este inclusive superior ao índice alcançado com o inseticida sintético Benzoato de emamectina. Seni *et al.* (2025) observaram índices ainda inferiores, sendo 1:3,74 para o

extrato aquoso de folhas frescas de neem e 1:3,42 do óleo comercial de neem, no controle de pragas lepidópteras do arroz. As diferenças podem estar relacionadas ao fato de serem culturas diferentes e com possíveis níveis diferentes de perdas provocadas pelas pragas, ou na própria pressão das pragas, resultando em maior ou menor impacto final.

Ahmed (2020), também avaliou a viabilidade econômica do óleo comercial de neem (Neemasol) no controle de pragas do algodão, obtendo índice de 1:4,61, considerando custos e receitas totais. No presente estudo, entretanto, consideraram-se apenas os custos e benefícios adicionais provocados pelos tratamentos, ou seja, ao ser considerado os custos e benefícios totais, a diferença provocada pelo tratamento se dilui, sendo menos expressiva no índice.

Diversos estudos destacam o neem como componente eficaz dentro de um manejo integrado de pragas (MIP), em vez de uma ferramenta isolada de controle. Nesses casos, o uso combinado com outras estratégias tende a elevar a eficiência, seja pela redução da resistência dos insetos, ou por efeitos sinérgicos entre agentes (Ali *et al.*, 2022; Bukhari *et al.*, 2024; Buragohain *et al.*, 2021; Ngosong *et al.*, 2021; Srinivasan *et al.*, 2019). Halder e Rai (2020), por exemplo, obtiveram a melhor relação custo-benefício (1:7,06) ao associar óleo de neem a *Bacillus thuringiensis* e dois inseticidas sintéticos — resultado mais favorável que o obtido com o uso isolado dos inseticidas (1:2,77).

Na análise de viabilidade pelo Valor Presente Líquido (VPL), o tratamento com extrato comercial novamente apresentou melhor desempenho (US\$ 38.428,95/ha), em decorrência do maior benefício por hectare e menor custo de controle. Entre os tratamentos com os extratos produzidos, o VPL manteve o padrão seguindo os maiores benefícios incrementais: o EAF obteve o segundo maior VPL, seguido pelo EEF e em último o EAP. Conforme Brigham e Erhardt (2016), o VPL demonstra a riqueza gerada após a atualização do fluxo de caixa líquido do projeto no tempo, considerando o custo do capital. Como as rotinas de entradas e saídas (colheitas, produtividade e aplicações) foram semelhantes entre os tratamentos, manteve-se o mesmo cenário observado no cálculo dos benefícios incrementais.

Comparando-se as duas técnicas de avaliação de viabilidade, o extrato comercial (OC) foi o mais vantajoso em ambas. Entre os extratos produzidos, observou-se alteração na segunda melhor viabilidade entre as técnicas: o EEF

foi mais vantajoso pela análise de custo-benefício gerando maior retorno para cada dólar investido no tratamento, enquanto o EAF apresentou maior capacidade de geração de riqueza (VPL). Essa diferença decorre da relação proporcional entre custo e benefício — embora o EAF gere maior riqueza total, demanda investimento de controle proporcionalmente mais elevado, tornando-se menos atrativo sob a ótica do custo-benefício.

Os resultados tornam os extratos de neem ainda mais relevantes para a agricultura familiar, especialmente considerando o desembolso financeiro efetivo. A maior parte dos custos refere-se à mão de obra, que pode ser executada pelo próprio agricultor, sem o efetivo desembolso financeiro, tornando-se um acréscimo na sua receita como pagamento pela mão de obra. O tratamento com maior participação da mão de obra no custo de controle foi o EAP (90%), seguido pelo EAF (85%), EEF (66,9%) e OC (58,8%). Diante do cenário de eficiência semelhante entre os extratos, esse fator pode ser decisivo na escolha da alternativa mais adequada à realidade de cada produtor.

De modo geral, os resultados deste estudo evidenciam que o uso de extratos de neem, tanto comerciais quanto de produção própria, constitui uma alternativa tecnicamente eficiente e economicamente viável para o controle das principais pragas da couve, especialmente *P. xylostella*. A equivalência de resultados de eficiência observada, bem como a viabilidade econômica positiva em todos os tratamentos reforça o potencial de adoção dessas formulações na agricultura familiar, uma vez que permitem reduzir custos e dependência de inseticidas sintéticos, sem comprometer a produtividade, representando uma estratégia sustentável de manejo, conciliando retorno financeiro e redução de impactos ambientais.

Entretanto, a variabilidade nos resultados observada em diferentes estudos sugere a necessidade de padronização dos métodos de preparo e aplicação dos extratos, bem como de novas pesquisas que considerem diferentes condições edafoclimáticas, frequências de uso e interações com outras práticas de manejo integrado de pragas. Assim, os achados deste trabalho contribuem para ampliar o conhecimento sobre o potencial do neem na olericultura e reforçam sua aplicabilidade como tecnologia acessível e sustentável para a agricultura familiar.

Tanto os resultados encontrados nas médias de população e infestação de pragas, percentual de perda de área foliar por dano de pragas e produtividade comercializável demonstram uma equiparação entre os extratos, no sentido de que contribuem com o controle da principal praga da cultura (*P. xylostella*) e proporcionam redução do nível de perdas por dano de pragas, elevando a produtividade comercializável de couve.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo avaliou a eficiência agrônômica e a viabilidade econômica de extratos aquoso e etanólico de folhas de neem produzidos artesanalmente no controle de pragas da couve em cultivo a campo, em comparação com extrato comercial. Os resultados demonstraram que os extratos de produção própria apresentaram desempenho semelhante ao extrato comercial, com redução significativa da população de *Plutella xylostella*, menor percentual de dano foliar e aumento da produtividade comercial em relação ao tratamento controle. A análise econômica confirmou a viabilidade da técnica, evidenciando seu potencial como alternativa acessível e sustentável, especialmente para agricultores familiares.

Entre os achados mais relevantes, observou-se que o extrato etanólico apresentou maior praticidade operacional, em razão do menor volume no preparo e da possibilidade de armazenamento na forma concentrada sob refrigeração. Por outro lado, o extrato aquoso de folhas desidratadas demandou maior esforço de preparo, o que impactou negativamente seu retorno econômico. Verificou-se ainda a necessidade de duas aplicações semanais, principalmente em períodos de maior pressão de pragas, em função do efeito menos imediato quando comparado aos inseticidas sintéticos.

O estudo contribui de forma inédita ao analisar extratos obtidos a partir de folhas de neem — matéria-prima mais abundante e menos explorada — na cultura da couve-folha, ampliando alternativas técnicas para pequenos produtores e reforçando estratégias de produção com menor risco à saúde do trabalhador e redução de resíduos químicos nos alimentos. Como principal

limitação, destaca-se a ausência da quantificação da azadiractina, principal composto bioativo, cuja concentração pode variar conforme fatores edafoclimáticos e métodos de extração, o que limita comparações mais precisas entre tratamentos e dosagens.

Diante disso, recomenda-se que pesquisas futuras incluam a quantificação da azadiractina, a realização de ensaios em diferentes condições edafoclimáticas e a avaliação de ajustes na frequência e nas doses de aplicação, bem como estudos sobre estabilidade e padronização dos extratos. Em síntese, os resultados reforçam o potencial do uso de extratos de folhas de neem como estratégia de manejo sustentável da couve, conciliando eficiência agronômica e viabilidade econômica, com contribuição prática para a agricultura familiar e para sistemas produtivos mais sustentáveis.

7. REFERÊNCIAS

- ABELSON, P. A Partial Review of Seven Official Guidelines for Cost-Benefit Analysis. **Journal of Benefit-Cost Analysis**. v.11(2), p.272-293. 2020. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-benefit-cost-analysis/article/abs/partial-review-of-seven-official-guidelines-for-costbenefit-analysis/A4A7830178222CC00726B7BF311714A8>. Acesso em: 06 ago. 2024.
- ABUBAKAR, M.; YADAV, D.; KOUL, B.; SONG, M. Efficacy of Eco-Friendly Bio-Pesticides against the Whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) for Sustainable Eggplant Cultivation in Kebbi State, Nigeria. **Agronomy**. V. 13, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy13123083>. Acesso em: 15 mai. 2025.
- ACHI, N.K.; ONYEABO, C.; NNATE, D.A.; EKELEME-EGEDIGWE, C.A.; KALU, I.K.; CHIBUNDU, I.C.; WOKOMA, G.C. Therapeutic effects of *Azadirachta indica* A.Juss. leaves in malaria-induced male Wistar rats. **Journal of Pharmacy and Pharmacognosy Research**. V. 6 (3), 191–204, 2018. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/4960/496055772006/496055772006.pdf>. Acesso em: 25 Nov. 2024.
- AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. **Ministério da agricultura e pecuária- MAPA**. Brasília, 2024. Disponível em: agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 21 Jun. 2024.
- AHMAD, B.; MEHMOOD, N.; SOHAIL, K.; SALJOQI, A.U.R.; KHAN, A.; RAB, A.; ZADA, H.; HUSSAIN, S. In Vitro Management of Diamondback Moth (*Plutella xylostella* L.) Using Differet Concentrations of Parthenium and Neem

Extracts. **Journal of Agricultural Science and Technology**. V. 21 (3), p. 659-669, 2019. Disponível em: <https://jast.modares.ac.ir/article-23-15036-en.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2025.

AHMED, S.; SALEEM, M.W.; ALI, A.; NISAR, M.S.; KHAN, R.R.; RASHID, A. Cost Benefit Analysis of Integration of Biocontrol Agents with Insecticides and Plant Extracts for the Management of *Thrips tabaci* Lin. in Bt Cotton Ecosystem. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 52, n. 5, p. 1949-1954, 2020. Disponível em: <https://researcherslinks.com/current-issues/Cost-Benefit-Analysis-of-Integration-of-Biocontrol/20/1/2965/html>. Acesso em: 10 Mar. 2025.

AIELLO, C.; BERARDI, V.; RICCI, F.; RISULEO, G. Chapter 96 - biological properties of a Methanolic extract of neem oil, A natural oil from the seeds of the neem tree (*Azadirachta indica* var. A. Juss), in: PREEDY, V.R.; WATSON, R.R.; PATEL, V.B. (Eds.), **Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention**, Academic Press, 2011, pp. 813–821. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10096-9>. Acesso em: 25 Mar. 2024.

AKHTER, W.; SHAH, F.M.; YANG, M.; FREED, S.; RAZAQ, M.; MKINDI, A.G.; AKRAM, H.; ALI, A.; MAHMOOD, K.; HANIF, M. Botanical biopesticides have an influence on tomato quality through pest control and are cost-effective for farmers in developing countries. **Plos One**. V. 18(11), p. 1-19, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294775>. Acesso em: 10 Mar. 2025.

ALI, M.Y.; SALEEM, S.; NASIR, M.; IQBAL, U.; ASLAM, U.; SHAHEEN, M.; ALAMRI, S.; BASHIR, M.A.; ATTA, S.; HASHEM, M.; ALAJMI, R.A.; ALASMARI, A.; ALZUAIBR, F.M.; ALSHEHRI, M.A. Use of botanical spray to delay application of first pesticide against sucking pests of cotton which ultimately mitigate climate change. **Journal of King Saud University Science**, v. 34, n. 3, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364722000842>. Acesso em: 15 Mar. 2025.

AMOABENG, B.W.; GURR, G.M.; GITAU, C.W.; STEVENSON, P.C. Cost:benefit analysis of botanical insecticide use in cabbage: Implications for smallholder farmers in developing countries. **Crop Protection**. v. 57, p. 71-76, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219413002974>. Acesso em: 06 ago. 2024.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA**. Brasília. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/relatorios-do-programa>. Acesso em: 18 ago. 2024.

AZIZ, M.A.; AHMAD, M.; NASIR, M.F.; NAEEM, M. Efficacy of Different Neem (*Azadirachta indica*) Products in Comparison with Imidacloprid against English Grain Aphid (*Sitobion avenae*) on Wheat. **International Journal of Agriculture & Biology**. V.15 (2), p. 279-284, 2013. Disponível em: <https://www->

webofscience-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000319659600014. Acesso em: 06 ago. 2024.

BEZERRA, G.J.; SCHLINDWEIN, M.M. Agricultura familiar como geração de renda e desenvolvimento local: uma análise para Dourados, MS, Brasil.

Interações (Campo Grande). V. 18 (1), p. 3-15, 2017. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/inter/a/rbSvyMDjy8vWQg8KPmwXCMd/?lang=pt#>.

Acesso em: 30 Jun. 2024.

BLS - U.S. Bureau of Labor Statistics. **Consumer Price Index for All Urban Consumers (CPI-U)**. Washington, 2024. Disponível em: <https://www.bls.gov/>.

Acesso em: 15 dez. 2024.

BOEKE, S.J.; BOERSMA, M.G.; ALINK, G.M.; LOON, J.J.A.V.; HUIS, A.V.; DICKE, M.; RIETJENS, I.M.C.M. Safety evaluation of neem (*Azadirachta indica*) derived pesticides. **Journal of Ethnopharmacology**. V. 94 (1), p. 25-41, 2004. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874104002491>. Acesso em: 26 Mar. 2024.

BRAGA, T.M.; ROCHA, L.; CHUNG, T.Y.; OLIVEIRA, R.F.; PINHO, C.; OLIVEIRA, A.I.; MORGADO, J.; CRUZ, A. *Azadirachta indica* A. Juss. In Vivo Toxicity - An Updated Review. **Molecules**. V. 26 (2), 252. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules26020252>. Acesso em: 25 Nov. 2024.

BRIGHAM, E.F.; EHRHARDT, M.C. **Administração financeira: teoria e prática** (Tradução da 14. Ed. norte-americana). 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016. Livro digital. Disponível em:

<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788522124008/pageid/2>.

Acesso em: 10 Abr. 2025.

BUKHARI, S.A.A.; UL ABDIN, Z.; CHUGHTAI, U.A.; KHAN, H.A.; AKRAM, W.; ARSHAD, M.; HIRA, H.; NAWAZ, S.; RAZIA, S.E.T. In vitro studies on the effects of plant-based bioinsecticide azadirachtin on the hemocyte-mediated immunity and various life history traits of *Plutella xylostella*. **Bulletin of Insectology**, v. 77, n. 1, p. 39-44, 2024. Disponível em: <https://www-webofscience-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:001239108700006>.

Acesso em: 10 Abr. 2025.

BURAGOHAIN, P.; SAIKIA, D.K.; SOTELO-CARDONA, P.; SRINIVASAN, R. Development and validation of an integrated pest management strategy against the invasive South American tomato leaf miner, *Tuta absoluta* in South India.

Crop Protection. V. 139, 2021. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219420302817>. Acesso em: 01 Abr. 2024.

BUTTERWORTH, J.H.; MORGAN, E.D. Investigation of locust feeding inhibition of seeds of neem tree, *azadirachta-indica*. **Journal of Insect Physiology**. V.17 (6) p. 969-977, 1971. Disponível em: <https://linkinghub-elsevier->

com.ez50.periodicos.capes.gov.br/retrieve/pii/0022191071900023. Acesso em: 11 Mar. 2024.

CAMPOS, E.V.R.; OLIVEIRA, J.L.; PASCOLI, M.; LIMA, R.; FRACETO, L.F. Neem oil and crop protection: from now to the future. **Frontiers in Plant Science**. V. 7, p.1-8, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01494>. Acesso em: 20 Mar. 2024.

CARDOSO, M.O.; PAMPLONA, A.M.S.R.; MICHEREFF FILHO, M. Recomendações Técnicas para o Controle de Lepidópteros-Praga em Couve e Repolho no Amazonas. **Embrapa Amazônia Ocidental**. Manaus – AM. 2010. 16p. (Circular Técnica 35). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63832/1/Circ-Tec-35.pdf>. Acesso em: 14 Ago. 2024.

CARVALHO, J.D.; NEVES, F.L.; SILVA, C.D.; BITTENCOURT, M.A.L. Biological aspects and insecticide action of plant species on eggs and nymphs of citrus black fly (*aleurocanthus woglumi ashby* - *aleyrodidae*) at laboratory level. **Revista Brasileira de Fruticultura**. V. 39 (5), p. 1-11, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/mLCGtDWQHbrCdWsBf5WDL3f/?lang=en>. Acesso em: 25 Mar. 2024.

CARVALHO, N.L.; BARCELLOS, A.L. Adoção do manejo integrado de pragas baseado na percepção e educação ambiental. **Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental**. V. 5 (5), p. 749–766, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/4204>. Acesso em: 02 Mai. 2024.

CASTELO BRANCO, M.; FRANÇA, F.H.; MEDEIROS, M.A.; LEAL, J.G.T. Uso de inseticidas para o controle da traça-do-tomateiro e traça-das-crucíferas: um estudo de caso. **Horticultura Brasileira**. V. 19 (1), p. 60-63, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/4BRSrk368fLTwwcGFPykbsd/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 Ago. 2024.

CDC - Centers for Disease Control and Prevention. **About One Health**. 2024. Disponível em: <https://www.cdc.gov/one-health/about/>. Acesso em: 27 Nov. 2024.

CEASA/MS – Centrais de Abastecimento de Mato Grosso do Sul. **Boletins diários de preços**. 2024. Disponível em: <https://www.ceasa.ms.gov.br/boletim-diario-de-precos/>. Acesso em: 10 ago. 2024.

CHAN, K.N.; KHAING, A.A.; PHYOE, A.; THIDA, M.; MYO, W.W.; SOE, A.T.; KYAW, K.K. Bio-efficacy of *Annona squamosa*, *Azadirachta indica* and *Artocarpus heterophyllus* against fall armyworm. **Bulletin of Insectology**. V. 76 (2), p. 189-196. 2023. Disponível em: <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol76-2023-189-196chan.pdf>. Acesso em: 24 Nov. 2024.

CHAUDHARY, S.; KANWAR, R.K.; SEHGAL, A.; CAHILL, D.M.; BARROW, C.J.; SEHGAL, R.; KANWAR, J.R. Progress on *Azadirachta indica* Based Biopesticides in Replacing Synthetic Toxic Pesticides. **Frontiers in Plant Science**. v. 8, 2017. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2017.00610/full>. Acesso em: 06 Jun. 2024.

CHOUDHURY, M.A.R.; MONDAL, M.F.; KHAN, A.U.; HOSSAIN, M.S.; AZAD, M.O.K.; PRODHAN, M.D.H.; UDDAIN, J.; RAHMAN, M.S.; AHMED, N.; CHOI, K.Y.; NAZNIN, M.T. Evaluation of Biological Approaches for Controlling Shoot and Fruit Borer (*Earias vitella* F.) of Okra Grown in Peri-Urban Area in Bangladesh. **Horticulturae**. V. 7(1), p. 1-8, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/horticulturae7010007>. Acesso em: 10 Mar. 2025.

COSTA, E.M.; TORRES, S.B.; FERREIRA, R.R.; SILVA, F.G.; ARAUJO, E.L. Extrato aquoso de sementes de nim no controle de *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) em meloeiro. **Revista Ciência Agronômica**, V. 47 (2), p. 401 – 406, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/Nb6MncsR8mTPfHGK8yFjvRg/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 16 Abr. 2024.

DEGAGA, A.H.; DEGAGA, E.G. Natural Enemies of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* Smith) and comparing Neem aqueous extracts with its larvae, Gurage zone, central Ethiopia. **Heliyon**, v. 10, n. 11, p.1-9, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024081143>. Acesso em: 18 Mar. 2025.

DEPIERI, R.A.; MARTINEZ, S.S. Redução da Sobrevivência da Broca-do-Café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), e do seu Ataque aos Frutos de Café pela Pulverização com Nim em Laboratório. **Neotropical Entomology**. V. 39 (4), p. 632-637, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/fWRD9kV7jWSDrw4RF5tWyy/?lang=pt#>. Acesso em: 01 Mai. 2024.

DIVEKAR, P.A.; MAJUMDER, S.; HALDER, J.; KEDAR, S.C.; SINGH, V. Sustainable pest management in cabbage using botanicals: Characterization, Effectiveness and Economic Appraisal. **Journal of Plant Diseases and Protection**. v. 131, p. 113–130, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s41348-023-00812-x>. Acesso em: 06 ago. 2024.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnofam 2024 – Tecnologias e conhecimentos para Agricultura Familiar**. Brasília. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropecuaria-oeste/tecnofam-2024>. Acesso em: 20 Nov. 2024.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada às ciências agrárias**. Viçosa: Editora UFV, 2019. 588p.

FIETZ, C.R.; FISCH, G.F.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D.L. **O clima da região de Dourados, MS**. 3ª ed. Documentos/ Embrapa Agropecuária Oeste.

p. 1-31, 2017. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1079733/1/DOC2017138FIETZ.pdf>. Acesso em: 08 Jul. 2024.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GARRISON, R.H.; NOREEN, E.W.; BREWER, P.C. **Contabilidade gerencial**. 14. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012. Livro digital. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788580551624>. Acesso em: 10 ago. 2024.

HABARUREMA, G.; HABINSHUTI, J.; MUKARUNYANA, B.; UWAMARIYA, C.; SAFARI, J.C.; NDAYAMBAJE, J.B. Activity assay of neem products as pest antifeedant in agro-biodiversity. **International Journal of Tropical Insect Science**. V. 42, p. 109–115, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42690-021-00523-6>. Acesso em: 26 Mar. 2024.

HALDER, J.; RAI, A.B. Synthesis and development of pest management modules against major insect pests of pumpkin (*Cucurbita moschata*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 90, n. 9, p. 37-41, 2020. Disponível em: <https://epubs.icar.org.in/index.php/IJAgS/article/view/106594/41881>. Acesso em: 20 Mar. 2025.

HAMILTON, A.J.; ENDERSBY, N.M.; SCHELLHORN, N.A.; RIDLAND, P.M.; ROGERS, P.M.; JEVREMOV, D.; BAKER, G. Evaluation of Fixed Sample-Size Plans for *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on Broccoli Crops in Australia. **Journal of Economic Entomology**. V. 99 (6), p. 2171-2176, 2004. Disponível em: <https://www-webofscience-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000189007300018>. Acesso em: 08 Mai. 2024.

HASSAAN, M.A.; EL NEMR, A. Pesticides Pollution: Classifications, Human Health Impact, Extraction and Treatment Techniques. **Egyptian Journal of Aquatic Research**. V. 46 (3), 207–220, 2020. Disponível em: <https://www-sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1687428520300625>. Acesso em: 08 Mai. 2024.

HOLTZ, A.M.; RONDELLI, V.M.; CELESTINO, F.N.; BESTETE, L.R.; CARVALHO, J.R. **Pragas das brássicas**. 1ª ed. Instituto Federal do Espírito Santo. Colatina-ES. 2015. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/2351/1/BRT-LivroPragasdasBrassicass-ifes.pdf>. Acesso em: 12 Mai. 2024.

IBGE -. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2017**. Brasília, 2017. Disponível em:

<https://censoagro2017.ibge.gov.br/resultados-censo-agro-2017.html>. Acesso em: 15 Jun. 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?edicao=42134>. Acesso em: 15 dez. 2024.

JABABU, N.; KOPTA, T.; POKLUDA, R. Anti-feedant activity of selected botanical extracts and their combinations on *Plutella xylostella* larvae. **Acta Horticulturae**. V. 1242, p. 941-948, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1242.138>. Acesso em: 15 mai. 2025.

KAPELEKA, J.A.; SAULI, E.; NDAKIDEMI, P.A. Pesticide Exposure and Genotoxic Effects as Measured by DNA Damage and Human Monitoring Biomarkers. **International Journal of Environmental Health Research**. V. 31 (7), p. 805–822, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1080/09603123.2019.1690132>. Acesso em: 15 Abr. 2024.

KUMAR, S.; SINGH, L.N.; DEVI, S.; KUMAR, S.; KAMLE, M.; KUMAR, P.; MUKHERJEE, A. Neem oil and its nanoemulsion in sustainable food preservation and packaging: Current status and future prospects. **Journal of Agriculture and Food Research**. V. 7, 2022. Doi:10.1016/j.jafr.2021.100254. Disponível em: <https://www.sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2666154321001563?via%3Dihub>. Acesso em: 25 Mar. 2024.

KUMAR, V.S.; NAVARATNAM, V.; Neem (*Azadirachta indica*): Prehistory to contemporary medicinal uses to humankind. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**. V. 3, p. 505-514, 2013. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(13\)60105-7](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(13)60105-7). Acesso em: 25 Mar. 2024.

LIANG, G.M.; CHEN, W.; LIU, T.X. Effects of three neem-based insecticides on diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Crop Protection**. V. 22, p. 333-340, 2003. DOI 10.1016/S0261-2194(02)00175-8. Disponível em: <https://www-webofscience.ez50.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000181276900015>. Acesso em: 15 Abr. 2024.

LIMA, M.P.L.; OLIVEIRA, J.V.; GONDIM, M.G.C.; MARQUES, E.J.; CORREIA, A.A. Bioatividade de formulações de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss, 1797) e de *Bacillus thuringiensis* subsp. aizawai em lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**. V.34 (6), p. 1381-1389, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000600004>. Acesso em: 13 Mar. 2024.

MAJEROVA, I.; ABDRAZAKOVA, A.A. Bibliometric Mapping of Cost-Benefit Analysis - Three Decades of Studies. **Economies**. V. 9, p. 110-139, 2021.

Disponível em: <https://doi.org/10.3390/economies9030110>. Acesso em: 06 ago. 2024.

MAPA - Ministério da agricultura e Pecuária. **Produtos fitossanitários com uso aprovado para a agricultura orgânica**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/produtos-fitosanitarios>. Acesso em: 09 Jun. 2024.

MARQUELLI, W.A.; MELO, R.A.C.; BRAGA, M.B. Irrigação no cultivo de brássicas. **Embrapa hortaliças**. Brasília – DF. 2017. (Circular Técnica 151). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1073865/irrigacao-no-cultivo-de-brassicass>. Acesso em: 18 Jun. 2024.

MARTINEZ, S.S. **O nim - *Azadirachta Indica* – natureza, usos múltiplos, produção**. Londrina, PR; Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR; 2ª ed; 2011. 205 p

MASSAROLLI, A.; BERSANI, B.C.G.; DALLA ROZA, F.H.; BUTNARIU, A.R.; PEREIRA, M.J.B.; FOERSTER, L.A. Evaluation of Leaf Consumption and Determination of Economic Injury Level Caused by *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in *Brassica oleracea* var. *acephala* (Brassicaceae). **Journal of Economic Entomology**. V. 112 (4), p. 1805-1811, 2019. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article/112/4/1805/5494691?login=true>. Acesso em: 08 Mai. 2024.

MELO, R.A.C.; MADEIRA, N.R.; LIMA, C.E.P. Produção de brássicas em Sistema Plantio Direto. **Embrapa hortaliças**. Brasília – DF. 2016. (Circular Técnica 151). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1061748/producao-de-brassicass-em-sistema-de-plantio-direto>. Acesso em: 18 Jun. 2024.

MELO, R.A.C.; VENDRAME, L.P.C.; MADEIRA, N.R.; BLIND, A.D.; VILELA, N.J. Caracterização e diagnóstico da cadeia produtiva de brássicas nas principais regiões produtoras brasileiras. **Embrapa hortaliças**. Brasília – DF. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1083914/caracterizacao-e-diagnostico-de-cadeia-produtiva-de-brassicass-nas-principais-regioes-produtoras-brasileiras>. Acesso em: 15 Ago. 2024.

MICHEREFF FILHO, M.; MELO, R.A.C.; GUIMARÃES, J.A.; MOURA, A.P.; SOUSA, N.C.M.; SCHMIDT, F.G.V.; NAGATA, A.K.I.; SPECHT, A.; ZAWADNEAK, M.A.C.; LOPES, L.H.R.; RIBEIRO, M.G.P.M.; SILVA, P.S.; TORRES, J.B. Guia para identificação de pragas dos brócolis e da couve-flor. **Embrapa Hortaliças**. Brasília – DF. 2021. 125 p. (Documentos / Embrapa Hortaliças, ISSN 1415-2312; 187). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131068/guia-para-identificacao-de-pragas-dos-brocolis-e-da-couve-flor>. Acesso em: 03 Abr. 2024.

MORDUE (LUNZ), A.J. Present concepts of the mode of action of azadirachtin from neem. In *Neem: Today and in the New Millenium*; KOUL, O.; WAHAB, S. (Ed.). **Kluwer Academic publishes**: Dordrecht. 2004; p. 228–242. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/1-4020-2596-3#page=235>. Acesso em: 26 Mar. 2024.

MORDUE (LUNTZ), A.J.; EVANS, K.A.; CHARLET, M. Azadirachtin, ecdysteroids and ecdysis in *Locusta migratoria*. **Comparative biochemistry and physiology**. V. 85, p. 297-301. 1986. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0742841386901970?pes=vor>. Acesso em: 21 Mar. 2024.

MORDUE (LUNTZ), A.J.; NISBET, A.J. Azadirachtin from the Neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. V. 29 (4), p. 615-632, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aseb/a/xJKxvbhW6sjnHxWB3m9H4hw/?lang=en>. Acesso em: 29 Fev. 2024.

MORGAN, E.D. Azadirachtin, a scientific gold mine. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**. V. 17, p. 4096–4105, 2009. Doi: 10.1016/j.bmc.2008.11.081. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0968089608011346?via%3Dihub>. Acesso em: 25 Mar. 2024

MOURA, A.P.; GUIMARÃES, J.A.; SILVA, J.; GUEDES, I.M.R.; LEAL, D.C.P. Recomendações técnicas para o manejo de pragas em brassicáceas com vistas à Produção Integrada de Hortaliças Folhosas. **Embrapa hortaliças**. Brasília – DF. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/211627/1/DOC-170-29-02-2020.pdf>. Acesso em: 12 Mai. 2024.

MUSSURY, R.M.; BETONI, R.; SILVA, M.A.; SCALON, S.P.Q. Anatomia foliar de soja infectada por *Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow e tratadas com extratos vegetais. **Revista brasileira de plantas medicinais**. V.14 (1), p. 18–25, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/fZ6ZSqkmtZd5wTrRnMcBYzv/?lang=pt#>. Acesso em: 01 Mai. 2024.

NEVES, J.M.; CARPANEZZI, A.A. O Cultivo do Nim para Produção de Frutos no Brasil. Colombo -PR: **Embrapa Florestas**, 2008. 8 p. (Circular Técnica 162). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/44604/1/circ-tec162.pdf>. Acesso em: 11 Mar. 2024.

NEVES, J.M.; CARPANEZZI, A.A.; VIANA, P.A.; RIBEIRO, P.E.A.; PRATES, H.T.; MALIMPENCE, R.A.; BITTENCOURT, A.M.; SANTOS A.J. A cultura do nim / Embrapa Florestas. **Embrapa Informação Tecnológica**. Brasília – DF. 2008. 97 p. (Coleção Plantar, 61). Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/silvicultura/livros/A%20CULTUR>

[A%20DO%20NIM%20COLECAO%20PLANTAR%20EMBRAPA.pdf](#). Acesso em: 11 Mar. 2024.

NGOSONG, N.T.; BOAMAH, E.D.; FENING, K.O.; KOTEY, D.A.; AFREH-NUAMAH, K. The efficacy of two bio-rational pesticides on insect pests complex of two varieties of white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) in the coastal savanna region of Ghana. **Phytoparasitica**. V. 49, p. 397–406. 2021. Disponível em: <https://doi-org.ez50.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s12600-020-00859-8>. Acesso em: 21 Nov. 2024.

OGBUEWU, I.P.; ODOEMENAM, V.U.; OBIKAONU, H.O.; OPARA, M.N.; EMENALOM, O.O.; UCHEGBU, M.C.; OKOLI, I.C.; ESONU, B.O.; ILOEJE, M.U. The growing importance of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) in agriculture, industry, Medicine and environment: a review. **Research Journal of Medicinal Plant**. V. 5 (3), p 230-245, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Victor-Odoemelam/publication/354946976_The_Growing_Importance_of_Neem_Azadirachta_indica_A_Juss_In_Agriculture_Industry_Medicine_and_Environment_A_Review/links/61555b5beabde032acb7dfd0/The-Growing-Importance-of-Neem-Azadirachta-indica-A-Juss-In-Agriculture-Industry-Medicine-and-Environment-A-Review.pdf. Acesso em: 29 Fev. 2024.

OIE - World Organisation for Animal Health. **Aquatic Animal Health Code**. 22nd Edition, 2019. Disponível em: https://rr-europe.woah.org/app/uploads/2020/08/oie-aqua-code_2019_en.pdf. Acesso em: 27 Nov. 2024.

OLIVEIRA, L.A.; CESAR, K.K.F.A.; VERAS, D.S. Análise cienciométrica associada ao impacto da *Azadirachta Indica* A. Juss (Neem) sobre a comunidade de *Anthophila* (Abelhas). **Scientia Amazonia**, V. 9, n.2, P 1-12, 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/DELL/Downloads/ArtigoNeem.pdf>. Acesso em: 26 Mar. 2024.

ONU - UNITED NATIONS. **Sustainable Development Goals**. 2024. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>. Acesso em: 16 ago. 2024.

OPENEEM S.A. – **Openeem Valente**. São Paulo- SP. 2024. Disponível em: <https://openeembioscience.com/valente/>. Acesso em: 19 Jun. 2024.

PEREIRA JUNIOR, S.A.A.; SILVA, F.P.; BARBOSA, F.R.S.; MANFRINATO, I.B.; FRAGA, L.S.; SCHMIDT, A.C.; AGUIAR, F.R.; MAZZAROPPI, M.; PORTELLA, M.; SILVA, R.S. **Fundamentos de finanças**. Porto Alegre: SAGAH, 2020. Livro digital. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9786556900506>. Acesso em: 06 ago. 2024.

PERSKY, J. Cost-Benefit Analysis and the Classical Creed. **Journal of Economic Perspectives**. V. 15 (4), p. 199–208, 2001. Disponível em: <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdf/10.1257/jep.15.4.199>. Acesso em: 06 ago. 2024.

PONCE, F.S.; TRENTA, D.A.; TOLEDO, C.A.L.; ANTUNES, D.T.; ZANUZO, M.R.; DALLACORT, R.; OLIVEIRA, R.C.; SEABRA, S. Low tunnels with shading meshes: An alternative for the management of insect pests in kale cultivation. **Scientia Horticulturae**. V. 288, p. 1-7, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0304423821003915?via%3Dihub>. Acesso em: 08 Mai. 2024.

PUIATTI, M. **Olericultura: A arte de cultivar hortaliças**. Viçosa - MG: UFV, CEAD, 2019. Disponível em: <https://serieconhecimento.cead.ufv.br/wp-content/uploads/2020/03/Olericultura-download.pdf>. Acesso em: 25 Ago. 2024.

RAIZADA, R.B.; SRIVASTAVA, M.K.; KAUSHAL, R.A.; SINGH, R.P. Azadirachtin, a neem biopesticide: Subchronic toxicity assessment in rats. **Food and Chemical Toxicology**. V. 39 (5), p. 477-483, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691500001538?pes=vor>. Acesso em: 26 Mar. 2024.

RAJAPPAN, K.; USHAMALINI, C.; SUBRAMANIAN, N.; NARASIMHAN, V.; ABDUL KAREEM, A. Effect of botanicals on the population dynamics of *Nephotettix virescens*, rice tungro disease incidence and yield of rice. **Phytoparasitica**. V. 28, p.109–113, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02981739>. Acesso em: 06 ago. 2024.

RIBEIRO, L.P.; BLUME, E.; BOGORNÍ, P.C.; DEQUECH, S.T.B.; BRAND, S.C.; JUNGES E. Compatibility of *Beauveria bassiana* commercial isolate with botanical insecticides utilized in organic crops in southern Brazil. **Biological Agriculture & Horticulture**. V. 28 (4), p. 223-240, 2012. DOI:10.1080/01448765.2012.735088. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01448765.2012.735088>. Acesso em: 26 Mar. 2024.

ROSS, S.A.; WESTERFIELD, R.W.; JAFFE, J.; LAMB, R. **Administração financeira: versão brasileira de corporate finance**. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015. Livro digital. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788580554328/pageid/1>. Acesso em: 10 Abr. 2025.

SABARWAL, A.; KUMAR, K.; SINGH, R.P. Hazardous Effects of Chemical Pesticides on Human Health-Cancer and Other Associated Disorders. **Environmental Toxicology and Pharmacology**. V. 63, p. 103–114, 2018. Disponível em: <https://www.webofscience.com.ez50.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000447481300015>. Acesso em: 15 Abr. 2024.

SAM-WOBO, S.O.; ADELEKE, M.A.; MAFIANA, C.F.; SURAKAT O.H. Comparative Repellent Activities of Some Plant Extracts Against Simulium damnosum Complex. **Vector-Borne and Zoonotic Diseases**. v. 11 (8), p. 1201-1204, 2011. Disponível em: <https://www.liebertpub->

com.ez50.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1089/vbz.2010.0088. Acesso em: 09 Jun. 2024.

SANTOS, A.V.; OLIVEIRA, R.A.; ALBUQUERQUE, G.R. Efeito in vitro do extrato de nim (*Azadirachta indica*) e óleo essencial de cravo (*Syzygium aromaticum*) sobre *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**. V. 34 (2), p. 111–115, 2012. Disponível em: <https://bjvm.org.br/BJVM/article/view/702>. Acesso em: 25 Mai. 2024.

SANTOS, C.S.M.; FREITAS, M.A.V.; SILVA, N.F.; DEUS, L.A.B.; PRODANOFF, J.H.A. The role of rural credit policies in agricultural income generation in family farms in Pernambuco State, northeastern Brazil - spatial trend and future scenarios. **Ciência Rural**. V. 53 (10), 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/BVZ3vsFDWHh8GQWTwyBsmjd/#>. Acesso em: 30 Jun. 2024.

SAUCKE, H.; DORI, B.F.; SCHMUTTERER, H. Biological and Integrated Control of *Plutella xylostella* (Lep., Yponomeutidae) and *Crociodomia pavonana* (Lep., Pyralidae) in Brassica Crops in Papua New Guinea. **Biocontrol Science and Technology**. V. 10, p. 595-606. 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/095831500750016398>. Acesso em: 29 Fev. 2024.

SCHMUTTERER, H. Properties and potentials of natural pesticides from the neem tree, *azadirachta-indica*. **Annual Review Entomology**. V.35, p. 271 – 297. 1990. Disponível em: <https://www-annualreviews-org.ez50.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1146/annurev.en.35.010190.001415>. Acesso em: 29 Fev. 2024.

SCHMUTTERER, H. Side-effects of neem (*Azadirachta indica*) products on insect pathogens and natural enemies of spider mites and insects. **Journal of Applied Entomology**. V. 121 p. 121-128. 1997. Disponível em: <https://doi-org.ez50.periodicos.capes.gov.br/10.1111/j.1439-0418.1997.tb01381.x>. Acesso em: 01 Mar. 2024.

SENI, A.; PAL, R.; MOHAPATRA, S.; MANDAL, D.; BANSUDE, S.K; SETH, P.; BARLA, S.; SAHU, J. Pesticidal plant extract effect against major lepidopteran insect pests and their natural enemies in rice *Oryza sativa* L. **Frontiers in Insect Science**. V.4, p. 1-12, 2025. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/insect-science/articles/10.3389/finsec.2024.1500542/full>. Acesso em :10/03/2025.

SENTHIL NATHAN, S.; CHOI, M.Y.; PAIK, C.H.; SEO, H.Y.; KIM, J.D.; KANG, S.M. The toxic effects of neem extract and azadirachtin on the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (BPH) (Homoptera: Delphacidae). **Chemosphere**. V. 67 (1), p. 80-88, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.09.045>. Acesso em: 09 Jun. 2024.

SHAH, F.M.; RAZAQ, M.; ALI, Q.; ALI, A.; SHAD, S.A.; ASLAM, M.; HARDY, I.C.W. Action threshold development in cabbage pest management using synthetic and botanical insecticides. **Entomologia Generalis**. V. 40, p. 157-

172, 2020. Disponível em: <https://www-webofscience.ez50.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000531551400005>. Acesso em: 15 Abr. 2024.

SHOAIB, M.A.; MAHMOUD, M.F.; LOUTFY, N.; TAWFIC, M.A.; BARTA, M. Effect of botanical insecticide Nimbecidine® on food consumption and egg hatchability of the terrestrial snail *Monacha obstructa*. **Journal Of Pest Science**. V. 83 (1), p. 27–32, 2010. Disponível em: <https://doi-org.ez50.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10340-009-0265-x>. Acesso em: 15 Mar. 2024.

SILVA, F.A.C.; MARTINEZ, S.S. Effect of neem seed oil aqueous solutions on survival and development of the predator *Cycloneda sanguinea* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control**. V. 33, p. 751-757, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/kJTHTNQD3ppwxvKBTB7yCRQ/?lang=en>. Acesso em: 25 Mar. 2024.

SILVA, V.C.; SILVA, F.M.F.; MEUNIER, I.M.; SILVA, T.M.; SILVA JÚNIOR, V.A.; MAIA, F.C. Post-natal development of rats' offspring treated with the ethanol extract of Neem leaves (*Azadirachta indica* A. Juss) during pregnancy and lactation. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. V. 37 (2), p. 219–224, 2015. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBioIsci/article/view/24976>. Acesso em: 27 Nov. 2024.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Livro digital. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788597023466>. Acesso em: 06 ago. 2024.

SRINIVASAN, R.; SOTELO, P.; LIN, M.G; HY, H.C.; SARETH, K.; SOR, S. Development and validation of an integrated pest management strategy for the control of major insect pests on yard-long bean in Cambodia. **Crop Protection**. V. 116, v. 82-91, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.10.015>. Acesso em: 01 Abr. 2024.

TESOURO NACIONAL. **Preços e taxas dos títulos IPCA, pré e pós-fixados**. Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.tesourodireto.com.br/titulos/precos-e-taxas.htm>. Acesso em: 10 Abr. 2025.

TOMÉ, H.V.V.; MARTINS, J.C.; CORRÊA, A.S.; GALDINO, T.V.S.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, R.N.C. Azadirachtin avoidance by larvae and adult females of the tomato leafminer *Tuta absoluta*. **Crop Protection**. V.46, p. 63-69, 2013. DOI 10.1016/j.cropro.2012.12.021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219412003699>. Acesso em: 15 Abr. 2024.

TORRES, O.F.F. **Fundamentos da engenharia econômica e da análise econômica de projetos**. São Paulo: Cengage Learning, 2006. Livro digital. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788522128402>. Acesso em: 06 ago. 2024.

TRANI, P.E.; TIVELLI, S.W.; BLAT, S.F.; PRELA-PANTANO, A.; TEIXEIRA, E. P.; ARAÚJO, H.S.; FELTRAN, J.C.; PASSOS, F.A.; FIGUEIREDO, G.J.B.; NOVO, M.C.S.S. **Couve de folha: do plantio à pós-colheita**. Campinas: Instituto Agrônômico. 2015. 36p., (Série Tecnologia Apta. Boletim Técnico IAC, 214). Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/media/publicacoes/iacbt214.pdf>. Acesso em: 01 Mai. 2024.

TRAORÉ, F.; WAONGO, A.; BA, M.N.; DABIRÉ, C.; SANON, A.; TAMÓ, M.; PITTENDRIGH, B.R. Effects of *Maruca vitrata* multi-nucleopolyhedrovirus and neem oil, *Azadirachta indica* Juss on the eggs of the cowpea pod borer, *Maruca vitrata* Fabricius (Lepidoptera: Crambidae). **International Journal of Tropical Insect Science**. V. 39, p. 333–339. 2019. Disponível em: <https://doi-org.ez50.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s42690-019-00061-2>. Acesso em: 22 Mar. 2024.

VIANA, P.A.; PRATES, H.T.; RIBEIRO, P.E.A. Uso do extrato aquoso de folhas de nim para o controle de *Spodoptera frugiperda* no milho. Sete Lagoas-MG: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2006. 5 p. (Circular Técnica 88). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/490420>. Acesso em: 29 Mar. 2024.

ZHANG, J.; AHN, K.S.; KIM, C.; SHANMUGAM, M.K.; SIVEEN, K.S.; ARFUSO, F.; SAMYM, R.P.; DEIVASIGAMANIM, A.; LIM, L.H.K.; WANG, L.Z.; GOH, B.C.; KUMAR, A.P.; HUI, K.M.; SETHI, G. Nimbolide-Induced Oxidative Stress Abrogates STAT3 Signaling Cascade and Inhibits Tumor Growth in Transgenic Adenocarcinoma of Mouse Prostate Model. **Antioxidants & Redox Signaling**. V. 24 (11), 2016. Disponível em: <https://www.liebertpub-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1089/ars.2015.6418>. Acesso em: 13 Mar. 2024.

ZHONG, B.; LV, C.; QIN, W. Effectiveness of the botanical insecticide azadirachtin against *Tirathaba rufivena* (Lepidoptera: Pyralidae). **Florida Entomologist**. v. 100 (2), p. 215-218, 2017. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20183246814>. Acesso em: 22 Mar. 2024.

Apêndice A – Tabela de cálculo da Análise de variância da população e infestação de pragas

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios			
		<i>Plutella xylostella</i> - População média/planta	<i>Plutella xylostella</i> - Infestação das plantas (%)	<i>Bemisia tabaci</i> - População média/planta	<i>Bemisia tabaci</i> - Infestação das plantas (%)
Tratamentos	4	0,03*	2,135*	0,049*	1,926*
Erro	20	0,005	0,244	0,012	0,365
Total	24				
CV %		13,27**	10,38**	15,67**	11,91**

* Indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV – Coeficiente de variação

** Indica o uso dos dados transformados ($\sqrt{x}$).

Apêndice B – Tabela de cálculo da Análise de variância da produtividade comercializável e total

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios			
		Prod. Comercial (Folhas/planta)	Prod. Comercial (kg/planta)	Prod. Total (Folhas/planta)	Prod. Total (kg/planta)
Tratamentos	4	564,95*	1,8*	17,71*	0,3*
Erro	20	13,38	0,11	7,4	0,08
Total	24				
CV %		5,03	8,45	3,28	6,4

* Indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV – Coeficiente de variação

Apêndice C – Tabela de cálculo da Análise de variância da concentração da produtividade nas classes 1, 2 e 3.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios					
		Classe 1 - Folhas/planta	Classe 1 - kg/planta	Classe 2 - Folhas/planta	Classe 2 - kg/planta	Classe 3 - Folhas/planta	Classe 3 - kg/planta
Tratamentos	4	6,38*	0,36*	56,12	0,23	7,09*	0,38*
Erro	20	0,2	0,01	24,87	0,13	0,14	0,007
Total	24						
CV %		10,44**	10,46**	9,35	12,41	12,5**	14,36**

* Indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV – Coeficiente de variação

** Indica o uso dos dados transformados ($\sqrt{x}$).

Apêndice D – Mensuração de custos adicionais dos tratamentos

1 - Extrato aquoso de folha fresca de neem (EAF):

Custo aquisição pulverizador costal 20L			R\$ 203 reais de custo unitário	2 unidades	R\$ 406 reais
Custo aquisição liquidificador modelo Britania Diamante 600W 3 velocidades 110V.			R\$ 90 reais de custo de aquisição	1 unidade	R\$ 90 reais
Custo dos demais materiais de consumo usados	Coador (R\$ 33 reais) e 1 metro de tecido voil para filtragem (R\$ 15 reais)	Balança eletrônica de cozinha (R\$ 45 reais)	Balde plástico (R\$ 30 reais)	3 Tambor de plástico 50l (R\$ 110 reais/unid)	R\$ 453,00 reais
Muda de neem (1m de altura)			R\$ 50 reais (custo unitário)	2 mudas	R\$ 100 reais

Custo energia elétrica na trituração das folhas frescas (Liquidificador Britania Diamante 600W)	3mim (0,05h) de funcionamento para trituração de 1 imersão de 20L	14,25h de utilização durante o período do experimento (5.700L de calda/ha ÷ 20L da imersão x 0,05H de uso por imersão)	0,6 kW/h de consumo segundo fabricante	R\$ 0,87017 reais /KW rural (Base Energisa agosto 2024)	R\$ 7,44 reais (14,25h de uso/ha durante o experimento x 0,6 kW/h de consumo x R\$ 0,87017 reais/KW)
Custo mão de obra de coleta, retirada dos pecíolos, pesagem trituração e preparo da imersão (20L)	35mim - 0,58h	5.700L/ha de calda durante o experimento	165,3h/H (5.700L de calda/ha ÷ 20L x 0,58h/H por imersão)	R\$ 15 reais/h/H	R\$ 2.479,50 reais (165,3h/Homem x 15 reais/h/H)
Custo da mão de obra com a filtragem e preparo da calda (usando como base o tempo de preparo de 20L)	18mim/20L - 0,3h/20L	15 tanques de 20L/ aplicação (300L de calda/ha)	19 aplicações no período do experimento	R\$ 15 reais/h/H	R\$ 1.282,5 reais (0,3h/H x 15 tanques por aplicação x 19 aplicações x R\$ 15 reais/h/H)
Custo da mão de obra para aplicação utilizando pulverizador de 20l	40mim/20L - 0,67h/20L	15 tanques de 20L/ aplicação (300L de calda/ha)	19 aplicações no período do experimento	R\$ 15 reais/h/H	R\$ 2.864,25 reais (0,67h/H/ tanque x 15 tanques por aplicação x 19 aplicações x R\$ 15 reais/h/H)
Custo do espalhante adesivo (detergente neutro - 2,5mL/L de calda)	2,5mL/L de calda	5.700L/ha de calda (300l/aplicação x 19 aplicações)	28,5 frascos de 500ml de detergente	R\$ 3 reais/frasco de 500ml	R\$ 85,5 reais

2 - Extrato aquoso de pé de folha de neem (EAP):

Depreciação Triturador Elétrico TRE25 2HP Bivolt Tramontina (vida útil de 10 anos conforme orientação da Receita Federal)	10% de depreciação anual	R\$ 1.645 reais de custo de aquisição	R\$ 164,5 reais de depreciação anual	4 meses e 10 dias de uso no experimento	R\$ 59,36 reais (R\$ 164,5 reais/ano ÷ 12 meses x 4,33 meses de experimento)
---	--------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	---	--

Custo aquisição pulverizador costal 20L			R\$ 203 reais de custo unitário	2 unidades	R\$ 406 reais
Materiais de consumo usados	Coador (R\$ 33 reais) e 1 metro de tecido voil para filtragem (R\$ 15 reais)	Balança eletrônica de cozinha (R\$ 45 reais)	Balde plástico (R\$ 30reais)	3 Tambor de plástico 50l (R\$ 110 reais/unid)	R\$ 453,00 reais
Muda de neem (1m de altura)			R\$ 50 reais (custo unitário)	5 mudas	R\$ 250 reais
Custo energia elétrica na trituração do pó (Triturador Elétrico TRE25 2HP Bivolt Tramontina)	23mim (0,38h) de funcionamento para trituração de 2,3kg de pó - 1 imersão de 20L	108,3h de utilização durante o período do experimento (5.700L de calda/ha durante o experimento ÷ 20L/imersão x 0,38h de uso por imersão)	2,5kW/h de consumo segundo fabricante	R\$ 0,87017 reais/KWh rural (Base Energisa agosto 2024)	R\$ 235,60 reais (108,3h de uso x 2,5kWh x R\$ 0,87017 reais/kW)
Custo mão de obra de coleta e realização da desidratação a sombra (usando como base o preparo de 5kg de pó/batelada)	140mim (2,33h/H) - 5kg de pó	655,5kg de pó/ha durante o experimento (5.700L de extrato durante o experimento x 115g de pó/L de extrato)	305,463h/H necessários para o preparo de 655,5kg de pó (655,5kg ÷ 5kg x 2,33h/H)	R\$ 15 reais/h/H	R\$ 4.581,95 reais (305,46h/H x R\$ 15 reais/h/H)
Custo mão de obra de trituração, incluindo organização e limpeza (usando como base o preparo de 5kg de pó/batelada)	60mim (1h/H) - 5kg de pó	655,5kg de pó/ha durante o experimento (5.700L de extrato durante o experimento x 115g de pó/L de extrato)	131,1h/H necessários para a trituração de 655,5kg de pó (655,5kg ÷ 5kg x 1h/H)	R\$ 15 reais/h/H	R\$ 1.966,5 reais (131,1h/H x R\$ 15 reais/h/H)
Custo mão de obra da pesagem, preparo da imersão e homogeneização (20L)	20mim - 0,33h	5.700L/ha de calda durante o experimento	94,05h/H (5.700L de calda/ha ÷ 20L x 0,33h/H por imersão)	R\$ 15 reais/h/H	R\$ 1.410,75 reais (94,05h/H x R\$ 15 reais/h/H)

Custo da mão de obra para filtragem e preparo da calda - Baseado no tempo de preparo de 20L de calda por vez	33mim/20L - 0,55h/20L	5.700L/ha de calda durante o experimento	156,75h/H (5.700L de calda/ha ÷ 20L/imersão x 0,55h/H necessários/imersão)	R\$ 15 reais/h/H	R\$ 2.351,25 reais (156,75h/H x R\$ 15 reais/h/H)
Custo da mão de obra para aplicação utilizando pulverizador de 20L	40mim/20L - 0,67h/20L	15 tanques de 20L/aplicação/ha	19 aplicações no período do experimento	R\$ 15 reais/h/H	R\$ 2.864,25 reais (0,67h/H/tanque x 15 tanques por aplicação x 19 aplicações x R\$ 15 reais/h/H)
Custo do espalhante adesivo (detergente neutro - 2,5mL/L de calda)	2,5mL/L de calda	5.700L/ha de calda (300l/aplicação x 19 aplicações)	28,5 frascos de 500ml de detergente	R\$ 3 reais/frasco de 500ml	R\$ 85,5 reais

3 - Extrato etanólico de folha fresca de neem (EEF):

Custo aquisição pulverizador costal 20L			R\$ 203 reais de custo unitário	2 unidades	R\$ 406 reais
Custo dos demais materiais de consumo usados	coador (R\$ 33 reais)	balança eletrônica de cozinha (R\$ 45 reais)	Balde plástico (R\$ 30reais)	Liquidificador Britania diamante 600W (90 reais)	R\$ 198,00 reais
Muda de neem (1m de altura)			R\$ 50 reais (custo unitário)	2 mudas	R\$ 100 reais
Quantidade de extrato necessário/ha durante o período e condições do experimento	dose de 10ml/L de calda	300L de calda/ha/aplicação	19 aplicações no período do experimento	57L de extrato	

Custo álcool Etílico 70%	53% de rendimento do extrato sobre a imersão preparada (2l de imersão - 1,060l de extrato)	57L de extrato necessários/ha durante o experimento	107,55L de álcool (57L de extrato ÷ 53% de rendimento)	R\$ 11 reais/L	R\$ 1.183,05 reais (107,55L de álcool x R\$ 11 reais do custo de compra)
Custo energia elétrica na trituração das folhas frescas (Liquidificador Britania Diamante 600W) tendo por base o preparo de imersão de 2L	6min (0,1h) de funcionamento para trituração (2L de imersão - 1,060L de extrato)	5,38h de funcionamento no período do experimento (57L de extrato necessário/ha ÷ 1,060L de extrato/imersão x 0,1h de funcionamento/imersão)	0,6 kW/h de consumo segundo fabricante	R\$ 0,87017 reais /KW rural (Base Energisa agosto 2024)	R\$ 2,81 reais (5,38h de funcionamento x 0,6 kW/h de consumo x R\$ 0,87017 reais/KW)
Custo da mão de obra com coleta, retirada do pecíolo, pesagem, trituração, preparo da imersão e filtragem (2L de imersão - 1,060L de extrato)	30min - (0,5h) para preparação de 2L de imersão - 1,060L de extrato	53,77 imersões necessárias para 1ha (57L de extrato necessários/ha ÷ 1,060L de extrato/imersão)	26,88h necessárias/ha no período do experimento (0,5h/imersão x 53,77 imersões)	R\$ 15 reais de custo/h/H	R\$ 403,27 reais (26,88h necessárias/ha durante o experimento x R\$ 15 reais/h/H)
Custo da mão de obra para diluição e preparo da calda - Baseado no tempo de preparo de 20L de calda por vez	10min/20L - 0,17h/20L	15 cargas de 20L/aplicação	19 aplicações no período do experimento	R\$ 15 reais de custo/h/H	R\$ 726,75 reais
Custo da mão de obra para aplicação utilizando pulverizador de 20L	40min/20L - 0,67h/20L	15 tanques de 20L/aplicação	19 aplicações no período do experimento	R\$ 15 reais/h/H	R\$ 2.864,25 reais
Custo do espalhante adesivo (detergente neutro - 2,5mL/L de calda)	2,5mL/L de calda	5.700L/ha de calda (300l/ha/aplicação x 19 aplicações)	28,5 frascos de 500ml de detergente	R\$ 3 reais/frasco de 500ml	R\$ 85,5 reais

4 - Extrato comercial de neem (OC):

Custo aquisição pulverizador costal 20L			R\$ 203 reais de custo unitário	2 unidades	R\$ 406 reais
Custo aquisição Openeem Valente	Dose 3mL/L de calda	300L de calda/ha/aplicação	17 aplicações/ha durante o experimento	custo de 115 reais/L	R\$ 1.840,00 reais
Custo da mão de obra para diluição e preparo da calda - Baseado no tempo de preparo de 20L de calda por vez	10min/20L - 0,17h/20L	15 cargas de 20L / aplicação	17 aplicações no período do experimento	R\$ 15 reais/h/h	R\$ 650,25 reais (0,17h/H x 15 tanques por aplicação x 17 aplicações x 15 reais/h/H)
Custo da mão de obra para aplicação utilizando pulverizador de 20L	40min/20L - 0,67h/20L	15 tanques de 20L / aplicação	17 aplicações no período do experimento	R\$ 15 reais/h/h	R\$ 2.562,75 reais (0,67h/H/ tanque x 15 tanques por aplicação x 17 aplicações x 15 reais/h/H)

Apêndice E – Mensuração do fluxo de caixa incremental referente a cada período dos tratamentos.

1 - Fluxo de caixa incremental dos períodos usando o tratamento EAF:

	jun/24	jul/24	ago/24	set/24	out/24
ENTRADAS					
Vendas de couve	0	35.937,50	28.462,50	60.662,50	61.812,50
TOTAL DE ENTRADAS	0	35.937,50	28.462,50	60.662,50	61.812,50
SAÍDAS					
Aquisição de materiais para preparo do extrato	543,00	0	0	0	0
Aquisição de pulverizador	406,00	0	0	0	0
Mudas de neem	100,00	0	0	0	0
Custo energia elétrica na trituração das folhas frescas	0,78	2,74	1,96	1,17	0,78
Custo mão de obra de coleta, retirada dos pecíolos, pesagem trituração	261,00	913,50	652,50	391,50	261,00

Custo da mão de obra com a coagem e preparo da calda	135,00	472,50	337,50	202,50	135,00
Custo da mão de obra para aplicação	301,50	1055,25	753,75	452,25	301,50
Custo do espalhante adesivo (detergente neutro)	9,00	31,50	22,50	13,50	9,00
TOTAL SAÍDAS	1756,28	2475,49	1768,21	1060,92	707,28

SALDO EM R\$	-1756,28	33462,01	26694,29	59601,58	61105,22
SALDO EM US\$	- 318,90	6.075,83	4.846,99	10.822,09	11.095,11

2 - Fluxo de caixa incremental dos períodos usando o tratamento EAP:

	jun/24	jul/24	ago/24	set/24	out/24
ENTRADAS					
Vendas de couve	0	21.275,00	18.831,25	68.712,50	55.487,50
TOTAL DE ENTRADAS	0	21.275,00	18.831,25	68.712,50	55.487,50
SAÍDAS					
Depreciação triturador Elétrico	13,71	13,71	13,71	13,71	4,52
Aquisição de materiais para preparo do extrato	453,00	0	0	0	0
Aquisição de pulverizador	406,00	0	0	0	0
Mudas de neem	250,00	0	0	0	0
Custo energia elétrica na trituração (pó)	24,80	86,80	49,60	49,60	24,80
Custo mão de obra de coleta e realização da desidratação a sombra	482,31	1688,09	964,62	964,62	482,31
Custo mão de obra de trituração, incluindo organização e limpeza	207,00	724,50	414,00	414,00	207,00
Custo mão de obra da pesagem, preparo da imersão e homogeneização	148,50	519,75	297,00	297,00	148,50
Custo da mão de obra para coagem e preparo da calda	247,50	866,25	495,00	495,00	247,50
Custo da mão de obra para aplicação	301,50	1055,25	603,00	603,00	301,50
Custo do espalhante adesivo (detergente neutro)	9,00	31,50	18,00	18,00	9,00
TOTAL SAÍDAS	2543,32	4985,85	2854,93	2854,93	1425,13
SALDO EM R\$	- 2.543,32	16.289,15	15.976,32	65.857,57	54.062,37
SALDO EM US\$	- 461,80	2.957,68	.900,88	11.958,01	9.816,31

3 - Fluxo de caixa incremental dos períodos usando o tratamento EEF:

	jun/24	jul/24	ago/24	set/24	out/24
ENTRADAS					
Vendas de couve	0	14.195,31	31.157,81	69.539,06	52.576,56
TOTAL DE ENTRADAS	0	14.195,31	31.157,81	69.539,06	52.576,56
SAÍDAS					
Aquisição de materiais para preparo do extrato	198,00	0	0	0	0
Aquisição de pulverizador	406,00	0	0	0	0
Mudas de neem	100,00	0	0	0	0
Custo energia elétrica na trituração das folhas frescas	0,30	1,04	0,59	0,59	0,30
Custo mão de obra de coleta, retirada dos pecíolos, pesagem trituração e preparo da imersão	42,45	148,57	84,90	84,90	42,45
Custo da mão de obra para diluição e preparo da calda	76,50	267,75	153,00	153,00	76,50
Custo da mão de obra para aplicação	301,50	1055,25	603,00	603,00	301,50
Custo do espalhante adesivo (detergente neutro)	9,00	31,50	18,00	18,00	9,00
Custo aquisição álcool Etílico 70%	124,53	435,86	249,06	249,06	124,53
TOTAL SAÍDAS	1.258,28	1.939,97	1.108,55	1.108,55	554,28
SALDO EM R\$	- 1.258,28	12.255,34	30.049,26	68.430,51	52.022,29
SALDO EM US\$	- 228,47	2.225,25	5.456,16	12.425,19	9.445,89

4 - Fluxo de caixa incremental dos períodos usando o tratamento OC:

	jun/24	jul/24	ago/24	set/24	out/24
ENTRADAS					
Vendas de couve	0	42.406,25	32.487,50	79.062,50	69.862,50
TOTAL DE ENTRADAS	0	42.406,25	32.487,50	79.062,50	69.862,50

SAÍDAS

Aquisição de pulverizador	406,00	0	0	0	0
Custo aquisição Openeem Valente	230,00	805,00	345,00	230,00	230,00
Custo da mão de obra para diluição e preparo da calda	76,50	267,75	153,00	76,50	76,50
Custo da mão de obra para aplicação	301,50	1055,25	603,00	301,50	301,50
TOTAL SAÍDAS	1014,00	2128,00	1101,00	608,00	608,00
SALDO EM R\$	- 1.014,00	40.278,25	31.386,50	78.454,50	69.254,50
SALDO EM US\$	- 184,12	7.313,48	5.698,97	14.245,29	12.574,81