UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA

AUDRYN AGDA DE SOUZA

ATIVIDADES BIOQUÍMICAS INDUZIDAS POR HERBIVORIA DE PERCEVEJO EM FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)

ERECHIM
2026

AUDRYN AGDA DE SOUZA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Profª. Drª. Tarita Cira Deboni

Coorientadora: Profª. Drª. Denise Cargnelutti

ERECHIM

2026

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

, Audryn Agda de Souza
ATIVIDADES BIOQUÍMICAS INDUZIDAS POR HERBIVORIA DE PERCEVEJO EM FEIJOEIRO (Phaseolus vulgaris L.) / Audryn Agda de Souza . -- 2026.
32 f.:il.

Orientadora: Doutora Tarita Cira Deboni
Co-orientadora: Doutora Denise Cargnelutti
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Erechim,RS, 2026.

1. Feijão. 2. Percevejo. 3. Herbivoria. 4. Defesa induzida. I. Deboni, Tarita Cira, orient. II. Cargnelutti, Denise, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

AUDRYN AGDA DE SOUZA

ATIVIDADES BIOQUÍMICAS INDUZIDAS POR HERBIVORIA DE PERCEVEJO EM FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 01/07/2026.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof.ª Dr.ª Tarita Cira Deboni – UFFS
Orientadora

_____

Prof.ª Dr.ª Sandra Maria Maziero – UFFS
Avaliador

_____

Profº. Drº. Matias Köhler – UFFS
Avaliador

Dedico este trabalho à pessoa que precisei me tornar ao longo desta jornada. Cada desafio enfrentado, cada obstáculo superado e cada conquista alcançada contribuíram para a realização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha mãe, que mesmo a distância sempre esteve presente em minha vida e sempre foi minha maior incentivadora. Mesmo longe, nunca deixou de me apoiar, aconselhar e acreditar em meu potencial. Seu amor, sua confiança e sua força foram fundamentais para que eu encontrasse coragem para enfrentar os desafios dessa jornada e chegasse até aqui.

Aos meus irmãos, Thales e Thais, por fazerem parte da minha vida e da minha trajetória. Em especial à minha irmã Thais, que sempre esteve disposta a me ajudar em tudo o que precisei, oferecendo apoio, incentivo, conselhos e auxílio nos momentos mais difíceis. Sua presença e preocupação constante foram fundamentais durante esta caminhada.

Às minhas orientadoras, Prof.ª Dr.ª Tarita Cira Deboni e Prof.ª Dr.ª Denise Cargnelutti, pela orientação, dedicação, paciência e pelos conhecimentos compartilhados ao longo desta trajetória acadêmica.

À Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), pela oportunidade de formação e pela estrutura disponibilizada para a realização deste trabalho.

A todos os professores que fizeram parte da minha caminhada acadêmica, contribuindo para minha formação profissional e pessoal por meio de seus ensinamentos, experiências e incentivo ao aprendizado.

Aos técnicos dos laboratórios e servidores da universidade que auxiliaram direta ou indiretamente na condução das atividades experimentais e análises, contribuindo para a realização deste trabalho.

À minha colega Giseli, que esteve presente em todas as etapas do experimento, oferecendo auxílio, apoio, companheirismo e compartilhando os desafios e conquistas durante a execução desta pesquisa.

Aos meus amigos, pelo incentivo, compreensão e apoio durante esta etapa tão importante da minha vida, tornando a caminhada mais leve nos momentos de dificuldade.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho e para a concretização deste sonho. Cada apoio recebido foi fundamental para a conclusão desta importante etapa da minha formação como Engenheira Agrônoma.

Nosso medo mais profundo não é sermos inadequados. Nosso medo mais profundo é sermos poderosos além da medida. É nossa luz, e não nossa escuridão, que mais nos assusta. Perguntamo-nos: quem sou eu para ser brilhante, talentoso, fabuloso? Na verdade, quem é você para não ser?
(WILLIAMSON, 1992).

RESUMO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, sendo frequentemente afetado por insetos-praga, entre eles os percevejos (*Nezara viridula, Dichelops furcatus* e *Euschistus heros*). O ataque desses insetos pode causar danos significativos à produtividade e à qualidade dos grãos, além de desencadear respostas fisiológicas e bioquímicas nas plantas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações bioquímicas induzidas pela herbivoria de percevejos em feijoeiro, com ênfase nos teores de proteínas, aminoácidos livres e na atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema bifatorial (3x2), utilizando plantas submetidas à diferentes intensidades de herbivoria, com dois e quatro percevejos por unidade experimental, analisando amostras antes e após cinco dias de exposição aos insetos. Os resultados demonstraram aumento significativo nos teores de proteínas e redução significativa dos aminoácidos livres após o período de herbivoria, independentemente da intensidade do ataque. Para a atividade da enzima FAL não foram observadas diferenças estatisticamente significativas. Os resultados sugerem que a herbivoria promove reorganização metabólica no feijoeiro, possivelmente relacionada à síntese de proteínas associadas aos mecanismos de defesa vegetal. O estudo contribui para a compreensão das respostas bioquímicas induzidas por percevejos e fornece subsídios para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de manejo de pragas.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*; Estresse biótico; Metabolismo vegetal; aminoácidos livres; proteínas; fenilalanina amônia-liase.

ABSTRACT

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the most important agricultural crops in Brazil and is frequently affected by insect pests, particularly stink bugs (*Nezara viridula*, *Dichelops furcatus*, and *Euschistus heros*). Feeding by these insects can significantly reduce grain yield and quality while triggering physiological and biochemical responses in plants. This study aimed to evaluate the biochemical changes induced by stink bug herbivory in common bean, focusing on protein content, free amino acid content, and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity. The experiment was conducted in a completely randomized design using a 3 × 2 factorial arrangement. Plants were subjected to different levels of herbivory, with two and four stink bugs per experimental unit, and samples were collected before and after five days of insect exposure. The results showed a significant increase in protein content and a significant reduction in free amino acid content after the herbivory period, regardless of herbivory intensity. No statistically significant differences were observed for PAL activity. These findings suggest that herbivory promotes metabolic reorganization in common bean, possibly associated with the synthesis of proteins involved in plant defense mechanisms. This study contributes to the understanding of the biochemical responses induced by stink bug herbivory and provides valuable information to support the development of sustainable pest management strategies.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*; biotic stress; plant metabolism; free amino acids; proteins; phenylalanine ammonia-lyase..

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade média de concentração de proteína (mg mL $^{-1}$) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido à herbivoria de percevejos. Erechim, 2026. 18
Tabela 2 – Quantidade média de Aminoácidos livres (µmol g^{-1}) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido à herbivoria de percevejo. Erechim, 2026..... 19
Tabela 3 – Atividade da enzima Fenilalamina amônia-liase (nmol mL^{-1}) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido à herbivoria de percevejo. Erechim, 2026..... 20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CV	Coeficiente de Variação
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
DIH	Defesas Induzidas por Herbivoria
FAL	Fenilalanina Amônia-Liase
RPM	Rotações por Minuto
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
2 METODOLOGIA 14
2.1 PREPARO DOS VASOS PARA CULTIVO 14
2.2 SEMEADURA E CULTIVO DO FEIJÃO 14
2.3 COLETA E CRIAÇÃO DOS PERCEVEJOS 14
2.4 PREPARO DAS ARENAS E EXPOSIÇÃO À HERBIVORIA 15
2.5 COLETA DAS AMOSTRAS 15
2.6 ANÁLISES 16
2.6.1 Determinação de proteína 16
2.6.2 Determinação de aminoácidos livres 16
2.6.3 Determinação da enzima FAL 17
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 18
3.1 PROTEÍNA 18
3.2 AMINOÁCIDOS LIVRES 19
3.3 ATIVIDADE FAL 20
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 22
REFERÊNCIAS 23
APÊNDICE A – Registro fotográfico das etapas do experimento 25

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta grande relevância no agronegócio, sendo um dos principais grãos cultivados no Brasil. Com aspectos econômicos, sociais e agronômicos, o feijão faz parte do habito alimentar brasileiro, tendo alto valor nutricional principalmente quando o colocamos junto com o arroz, onde fazem um "casamento perfeito" na mesa da população (CONAB, 2025).

O aumento da produção das grandes *commodities* como soja, milho e algodão (CONAB, 2025), favorece o plantio sucessivo das culturas e aumenta o número de pragas associados às lavouras, principalmente insetos, comprometendo a produtividade. No caso específico do feijão, percevejos da soja (*Nezara viridula, Dichelops furcatus* e *Euschistus heros*) têm incidência crescente na cultura do feijão (Oliveira, 2020). Essas espécies são as principais ameaças e atacam durante a floração e a formação de vagens, causando enrugamento, perda de brilho nos grãos e maior risco de doenças pós-colheita.

Segundo Silva (2017), danos causados por percevejos são significativos, cada percevejo pode causar 6,36% de perda na produção por metro de fileira de plantio. Sendo o nível de controle estimado é de 0,7 percevejo por metro de fileira. Além dos prejuízos diretos na produção, ocorrem prejuízos na produção e detecção de danos em sementes, o que compromete a qualidade comercial do grão e sua aptidão para consumo.

Como resposta ao ataque de herbívoros, as plantas apresentam diferentes mecanismos de defesa podendo ser classificadas como diretas e indiretas. As defesas das plantas são mecanismos naturais desenvolvidos ao longo da evolução que reduzem os danos causados por fatores bióticos, como insetos e patógenos, e abióticos, como a seca. Essas defesas podem ser constitutivas ou induzidas, sendo estas ativadas apenas após o ataque de um agente externo (Pinto-Zevallos et al., 2013). Entre as defesas constitutivas estão barreiras físicas, como cutículas espessas, espinhos, tricomas e lignificação dos tecidos, enquanto as defesas induzidas envolvem reações químicas e fisiológicas que modificam o metabolismo vegetal para dificultar a alimentação e o desenvolvimento dos herbívoros.

Quando ocorre um ataque, a planta pode ativar uma série de respostas bioquímicas, como a produção de proteínas de defesa, compostos fenólicos e o aumento na atividade de enzimas antioxidantes. Segundo Timbó (2013), essas reações incluem também a ativação de enzimas como peroxidases, polifenol oxidases e a fenilalanina amônia-liase (FAL), que participa da rota dos compostos fenólicos, reforçando as paredes celulares e aumentando a resistência aos danos.

As defesas induzidas por herbivoria (DIH), são importantes componentes do sistema defensivo das plantas, frente ao ataque de insetos fitófagos. As DIH podem ter atuação direta, ao repelir herbívoros, ou indireta, pela atração de inimigos naturais, como insetos, aves ou nematoides entomopatogênicos (Lopes, 2012). As DIH podem variar qualitativa e quantitativamente de acordo com a espécie do herbívoro que realiza a injúria na planta, se tem a presença de diferentes espécies de herbívoros em uma mesma planta ou mesmo o tipo de hábito alimentar (mastigador ou sugador) do inseto.

Os mecanismos bioquímicos das defesas induzidas envolvem enzimas-chave e alterações metabólicas significativas. A fenilalanina amônia-liase (FAL) é a enzima responsável pela conversão do aminoácido fenilalanina em ácido cinâmico, etapa inicial da via dos fenilpropanoides, uma das principais rotas do metabolismo secundário vegetal. Essa via é responsável pela síntese de diversos metabólitos de defesa, como lignina, flavonoides e outros compostos fenólicos, que contribuem para o reforço da parede celular, dificultam a alimentação de herbívoros e aumentam a resistência das plantas a estresses bióticos. Dessa forma, o aumento da atividade da fenilalanina amônia-liase (FAL), bem como da peroxidase, tem sido associado à ativação de mecanismos de defesa vegetal (Carra, 2026; Ninkuu et al., 2025).

Pesquisas sobre resistência constitutiva e induzida em plantas a insetos demonstram que plantas que utilizam recursos para defesa na ausência de pragas ou patógenos, arcarão com custos adaptativos, como a redução da biomassa e (Kuhn, 2010). Esses custos são importantes para entender a evolução das respostas defensivas e sua aplicação em estratégias de manejo.

O presente trabalho tem como objetivo investigar as defesas induzidas por herbivoria de percevejo em feijoeiro, com foco nos mecanismos bioquímicos envolvidos, especialmente a atividade da enzima FAL, os níveis de aminoácidos livres e de proteínas nas plantas atacadas. A compreensão desses mecanismos é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo integrado que aproveitem as defesas naturais da cultura, reduzindo a dependência de inseticidas e promovendo uma agricultura mais sustentável.

A relevância deste estudo se justifica pela crescente incidência de percevejos no feijão, pelos prejuízos significativos que causam na produção e pela necessidade de alternativas de controle que sejam eficazes e ambientalmente adequadas. A investigação das defesas induzidas oferece uma perspectiva nova para o manejo de pragas, baseada no entendimento dos mecanismos naturais de resistência da planta.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido nas estufas da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim, Rio Grande do Sul. As análises foram realizadas no laboratório de Entomologia e Bioquímica da própria universidade.

2.1 PREPARO DOS VASOS PARA CULTIVO

Para proporcionar o melhor desenvolvimento possível do feijoeiro, foi coletado o solo em uma parte do campus e mandado para análise, para que assim fosse possível verificar qual seria o melhor manejo e qual seria a adubação necessária para chegar ao potencial máximo da cultura.

Após a análise, foi feito a mistura nas proporções 5:2,5:1 do solo coletado (Latossolo vermelho aluminoférrico típico), areia e humus respectivamente. A determinação de necessidade da cultura foi feita através do Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (2016), sendo utilizado cama de peru e ureia para suprir essa necessidade.

Os vasos utilizados eram de polietileno, com capacidade de 8L sendo utilizados 18 vasos para o experimento, contendo as mesmas quantidades para maior uniformidade e o melhor resultado possível.

2.2 SEMEADURA E CULTIVO DO FEIJÃO

Para a condução do experimento, foi utilizado a cultivar IPR URUTAU, cedida pela Profª Drª Sandra Maria Maziero, do banco de germoplasma da universidade. Com o total de 18 vasos utilizados, e com determinação de 2 plantas por vaso para determinar uma unidade experimental, foram semeadas 5 sementes para que a emergência fosse de 100% e após o estágio V2 das plantas, foi realizado o desbaste para que os vasos fossem adequados ao que já havia sido determinado.

2.3 COLETA E CRIAÇÃO DOS PERCEVEJOS

Os percevejos utilizados no experimento foram coletados na área experimental da UFFS. As coletas foram realizadas em 2 dias distintos e os espécimes coletados foram levados para laboratório, onde foram criados para atingir uma população mais homogênea. Após

algumas semanas foi obtido uma população com duas espécies de percevejo, sendo elas *Nezara viridula* e *Dichelops furcatus*.

2.4 PREPARO DAS ARENAS E EXPOSIÇÃO À HERBIVORIA

Para a confecção das arenas, onde os feijoeiros iriam ser expostos à herbivoria foram utilizadas madeiras (ripas com 100x5x2cm) e tendas que foram disponibilizadas pelo laboratório de entomologia. As arenas foram confeccionadas durante o crescimento da cultura tendo dimensão de 1m³ e reservadas até que as plantas chegassem no estádio adequado.

Segundo a Embrapa (2018), a fase reprodutiva do feijoeiro compreende os estádios R5 a R9, sendo o R8 correspondente ao enchimento de grãos e o R9 à maturação fisiológica, período em que a cultura apresenta maior sensibilidade a danos de percevejos, sendo o período escolhido para exposição à herbivoria.

Com o cultivo sendo feito em estufa, o delineamento escolhido foi o DIC (delineamento inteiramente casualizado), com esquema em bifatorial, onde os fatores observados foram a quantidade de percevejos e o tempo de exposição (antes e pós hervivoria), totalizando os 18 vasos, sendo 3 tratamendos com 6 repetições. Os vasos foram numerados de 1 a 18 e separados nos seguintes tratamentos:

T1: testemunha (sem herbivoria)

T2: herbivoria de 2 percevejos por unidade experimental (total de 12 percevejos)

T3: herbivoria de 4 percevejos por unidade experimental (total de 24 percevejos)

Para separar os tratamentos foi realizado um sorteio, onde os vasos numerados foram destinados para cada tratamento. Ainda que não houvesse favorecimento nos tratamentos a ordem em que estariam dispostos na bancada também foi escolhido por sorteio.

Depois de sorteado a ordem, as plantas foram colocadas nas arenas onde em seguida foram expostas à herbivoria. Com as plantas em R8, os percevejos foram separados nas proporções iguais, onde 75% da espécie *Nezara viridula* em 4° instar e 25% de *Dichelops furcatus* adultos, ficando pelo período de 5 dias.

2.5 COLETA DAS AMOSTRAS

Para as análises realizadas, foi retirado uma folha (trifólio) de cada planta da unidade experimental, no período anterior a herbivoria. Nesse momento foi retirada a 3° folha completamente formada contando a partir do ápice da planta. Após 5 dias exposição à herbivoria foi retirado a 4° folha já formada da planta.

Com as plantas prontas para a coleta, foram preparados previamente pacotes com folha de alumínio afim de melhor preservá-las quando fossem expostas ao nitrogênio líquido, que foi o método utilizado para a coleta. Após as coletas, as amostras foram guardadas em ultrafreezer (-80º C), sendo maceradas utilizando novamente nitrogênio líquido após 5 dias da coleta.

2.6 ANÁLISES

Dentre os vários danos que o percevejo pode causar na cultura do feijão, a quantidade de aminoácidos livres, as proteínas e o atividade da enzima FAL, foram os escolhidos para serem avaliados nesse experimento. Saber alguns dos fatores que o percevejo afeta na cultura pode ser de grande valia quando pensamos em uma agricultura mais sustentável e produtiva.

As análises dos dados foram realizadas de acordo com o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 × 2. Os pressupostos de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) foram conferidos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$) utilizando o software estatístico R (R Core Team, 2018) e o pacote Experimental Designes (Portuguese) (Ferreira; Cavalcanti; Nogueira, 2018).

2.6.1 Determinação de proteína

Para a quantificação de proteínas foi utilizado o método de Bradford (1976). O extrato proteico foi obtido após a amostra ser macerada na proporção 0,5g para 3ml de tampão de fosfato de potássio (0,01M, pH 6,5) e submetido a centrifugação a 12.000 RPM por 20 minutos à temperatura de 4 °C, sendo o sobrenadante coletado e utilizado posteriormente para as avaliações, realizadas em duplicata. Para avaliar o teor de proteínas foi utilizado 20 µL da amostra + 180 µL de comassi. A leitura foi realizada a 595 nm no espectrofotômetro e os valores de absorbância obtidos para as amostras foram comparados com uma curva padrão com concentrações conhecidas de albumina. Os resultados obtidos para os níveis de proteínas foram expressos em mg proteína mL^{-1}.

2.6.2 Determinação de aminoácidos livres

Para determinar a quantidade de aminoácidos livres, as amostras (já maceradas com nitrogênio líquido como mencionado) foram maceradas com solução de álcool etílico (80%) na proporção de 1:3 (g:ml), respectivamente e submetido a centrifugação 10.000 G por 10 minutos à temperatura de 4° C. Foi utilizado o método de Yemm & Cocking (1955) com adaptação descritas em Herridge (1984), e utilizando leucina como padrão para a curva. Em tubos de

ensaio foram adicionados 0,5 mL da amostra, 0,5 mL de tampão citrato 0,2 M, 1 mL de solução de ninhidrina para a determinação das amostras. Os tubos de ensaio foram colocados em banho-maria a temperatura de ≈100 °C durante 15 minutos. Após tempo de incubação em banho-maria, foram colocados em bandejas com água e gelo para o resfriamento. Em seguida foram realizadas as leituras em espectrofotômetro, onde os resultados da absorbância foram determinados em comprimento de onda de 570 nm.

A partir curva, os valores de aminoácidos foram calculados e expressos em µmol de aminoácidos equivalentes de leucina por g de peso fresco da amostra.

2.6.3 Determinação da enzima FAL

A atividade da enzima Fenilalanina amônia-liase (FAL) foi determinada seguindo o método descrito por Umesha (2006) e alterada por Mioranza et al. (2017). Para a análise, foi macerado a amostra junto com tampão de extração e colocado em centrifugação a 12.000 RPM por 20 minutos à 4°. Após centrifugar, foi retirado o sobrenadante, onde em tubos de ensaio foram adicionados 50 µL do extrato obtido da amostra + 950 µL de tampão Tris-HCl 0,025 M (pH 8,8) + 1000 µL de solução de L-fenilalanina 0,05 M, sendo utilizado para a solução controle 50 µL do extrato obtido da amostra + 1950 µL de tampão Tris-HCl 0,025 M (pH 8,8) e solução em branco 1000 µL + de uma solução de L-fenilalanina 0,05 M. A mistura foi incubada no escuro por 2 horas a uma temperatura de 40 °C. E submetida a leitura no em espectrofotômetro, onde a leituras de absorbância foram lidas a 290 nm.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PROTEÍNA

Os teores de proteínas apresentaram aumento após a exposição das plantas à herbivoria dos percevejos. Independentemente do tratamento utilizado, e mesmo a testemunha observou-se aumento nos valores médios após o período de exposição dos tratamentos.

Tabela 1 – Quantidade média de concentração de proteína (mg mL $^{-1}$) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido à herbivoria de percevejos. Erechim, 2026.

PROTEÍNA (mg mL^{-1})				
Tratamentos	ANTES		DEPOIS	
Testemunha	6,770	ns A	7,531	ns B
2 percevejos	6,493	ns A	8,621	ns B
4 percevejos	6,763	ns A	7,538	ns B
CV%	**12,98%**			

Fonte: Souza (2026).

ns = não houve diferença significativa entre os tratamentos dentro de cada período de avaliação pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa entre os períodos de avaliação ($p < 0,05$).

Entretanto a análise de variância indicou ausência de efeito significativo entre os tratamentos ($p = 0,48624$), enquanto o fator tempo (antes e depois da herbivoria) apresentou diferença significativa ($p = 0,00054$), evidenciando que houve alteração após a exposição.

A elevação dos teores proteicos após a herbivoria pode estar relacionada à ativação de mecanismos de defesa do feijoeiro. Segundo Timbó (2013), a herbivoria de percevejo pode causar diferentes respostas bioquímicas em variedades de leguminosas. Quando submetidas ao ataque de insetos, as plantas frequentemente aumentam a síntese de proteínas envolvidas na sinalização celular, reparo de tecidos danificados e produção de compostos de defesa.

Outro aspecto relevante é que o aumento das proteínas ocorreu independentemente da intensidade da herbivoria, uma vez que não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos. Pinto (2011), afirma que o estresse biótico assim como o abiótico podem causar

alteração no padrão que a planta expressa suas proteínas. Esse comportamento sugere que mesmo níveis moderados de dano foram suficientes para desencadear respostas metabólicas semelhantes.

3.2 AMINOÁCIDOS LIVRES

Os teores de aminoácidos livres apresentaram redução após a exposição das plantas à herbivoria. Todos os tratamentos demonstraram diminuição dos valores médios entre as avaliações realizadas antes e depois do ataque dos percevejos.

Tabela 2 – Quantidade média de Aminoácidos livres (µmol g^{-1}) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido à herbivoria de percevejo. Erechim, 2026.

Aminoácidos livres (µmol g^{-1})				
Tratamentos	ANTES		DEPOIS	
Testemunha	125,718	ns A	87,342	ns B
2 percevejos	117,886	ns A	79,278	ns B
4 percevejos	125,116	ns A	69,916	ns B
CV%	**26,26%**			

Fonte: Souza (2026).

ns = não houve diferença significativa entre os tratamentos dentro de cada período de avaliação pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa entre os períodos de avaliação ($p < 0,05$).

A análise estatística indicou efeito significativo do fator tempo ($p = 0,00002$), enquanto não foram observadas diferenças entre tratamentos ($p = 0,66420$).

A redução dos aminoácidos livres pode estar associada à sua utilização como matéria-prima para a síntese de proteínas e outros compostos relacionados à defesa vegetal. Para Dourado (2014), durante situações de estresse biótico, é comum que as plantas aminoácidos presentes no citoplasma sejam direcionados para rotas metabólicas secundárias, contribuindo para a produção de moléculas envolvidas na resposta ao ataque de insetos.

Os resultados observados se tornam ainda mais relevantes quando analisados em conjunto com os teores de proteínas. Enquanto houve redução dos aminoácidos livres, houve aumento das quantidades de proteínas nas plantas após à herbivoria. Esse comportamento

sugere que parte dos aminoácidos disponíveis pode ter sido utilizada para a síntese de novas proteínas, reforçando a hipótese de ativação de mecanismos de defesa e adaptação fisiológica ao estresse causado pelos percevejos.

3.3 ATIVIDADE FAL

A atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL) apresentou tendência de redução após à herbivoria, porém sem diferenças estatísticas significativas. Não foram observados efeitos dos tratamentos (p = 0,06465), do fator tempo (p = 0,11763) ou da interação entre os fatores (p = 0,39043).

Tabela 3 – Atividade da enzima Fenilalamina amônia-liase (nmol mL^{-1}) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido à herbivoria de percevejo. Erechim, 2026.

FAL (nmol mL^{-1})				
Tratamentos	ANTES		DEPOIS	
Testemunha	0,0013	ns	0,0013	ns
2 percevejos	0,0027	ns	0,0017	ns
4 percevejos	0,0022	ns	0,0018	ns
CV%	**48,80%**			

Fonte: Souza (2026).

As médias não diferiram significativamente entre os tratamentos nem entre os períodos de avaliação, de acordo com o teste de Tukey (p > 0,05).

A FAL é considerada uma enzima chave para a rota de várias vias de síntese de compostos fenólicos, e assim como a responsável pela primeira de uma series de reações metabólicas, que geram inúmeros produtos naturais baseados em fenilpropanos Pinto (2011). Apesar de ser frequentemente associada a respostas induzidas por herbivoria, os resultados obtidos indicam que sua atividade não foi significativamente alterada pelo ataque dos percevejos durante o período avaliado.

Embora os valores médios indiquem tendência de redução após a herbivoria, os resultados sugerem que a resposta bioquímica do feijoeiro ao ataque dos percevejos esteve mais

associada às alterações nos teores de proteínas e aminoácidos livres do que à atividade da enzima FAL nas condições experimentais avaliadas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a herbivoria por percevejos promove alterações fisiológicas e bioquímicas no feijoeiro, evidenciadas pelo aumento dos teores de proteínas e pela redução dos aminoácidos livres após a exposição das plantas ao ataque. Esses resultados indicam que a planta sofreu reorganização metabólica em resposta ao estresse, com possível redirecionamento de recursos para mecanismos de defesa. Embora a atividade da FAL não tenha apresentado diferença estatisticamente significativa nas condições avaliadas, sua participação na defesa vegetal não pode ser desconsiderada.

Dessa forma, o estudo contribui para o entendimento das respostas de defesa induzidas no feijoeiro e reforça a importância de pesquisas voltadas ao manejo sustentável de percevejos na cultura.

REFERÊNCIAS

BRADFORD, M. **A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding**. Analytical Biochemistry v. 72, n. 1–2, p. 248–254, 1976.

CARRA, K. T. et al. Alterações bioquímicas em folhas de milho expostas a herbivoria de Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) e tratadas com altas diluições dinamizadas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 21, n.1, p. 108-128, 2026.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** Brasília, DF: Companhia Nacional de Abastecimento, v. 13, Safra 2025/26, n. 1, p. 1-102, out. 2025. ISSN 2318-6852.

DOURADO, A. C. P. **Herbivoria em espécies decíduas e perenes da Caatinga no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) — Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2014.

EMBRAPA, **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes.pt: experimental designs package (Portuguese). R package version 1.2.0, 2018.

GATIBONI, L. C. et al. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016.

KUHN, O. J.; STADNIK, M. J.; PASCHOLATI, S. F. **Custo adaptativo da indução de resistência em feijoeiro mediada pela rizobactéria Bacillus cereus ou acibenzolar-S-metil: atividade de enzimas, síntese de fenóis e lignina e biomassa**. Artigo científico. 2010.

LOPES, A. P. S. et al. Defesas induzidas por herbivoria e interações específicas no sistema tritrófico soja-percevejos-parasitoides de ovos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasilia , v. 47, p. 875-878, junho 2012.

MIORANZA, T. M. et al. Control of Meloidogyne incognita in tomato plants with highly diluted solutions of Thuya occidentalis and their effects on plant growth and defense metabolism. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, p. 2187–2200, 2017.

NINKUU, V. et al. **Impact of straw returning on soil ecology and crop yield: A review.** *Heliyon*, v. 11, 2025. DOI: 10.1016/j.heliyon.2025.e41651.

OLIVEIRA, L. M. **Potencial de dano de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) em cultivar precoce de feijão carioca**. Dissertação/Tese — Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

PINTO, M. S. T.; RIBEIRO, J. M.; OLIVEIRA, E. A. G. O estudo de genes e proteínas de defesa em plantas. **Revista Brasileira de Biociências**, 2011.

PINTO-ZEVALLOS, D. M. et al. Compostos orgânicos voláteis na defesa induzida das plantas contra insetos herbivoros. **Quimica nova**, Curitiba, 9 agosto 2013.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018. Disponível em: https://www.R-project.org/. Acesso em: 22 jun. 2026.

SILVA, P. H. S. **Níveis de dano e de controle do percevejo-verde-da-soja Nezara viridula (Hemiptera: Pentatomidae) em feijão-caupi**. Revista Agro@mbiente On-line, v. 11, n. 4, p. 373-378, outubro-dezembro, 2017.

TIMBÓ, R. V. **Estudo bioquímico da soja em defesa induzida pela herbivoria do percevejo marrom Euchistus heros (Heteroptera: Pentatomidae).** Universidade de Brasilia. Brasilia, p. 96. 2013.

UMESHA, S. Phenylalanine ammonia lyase activity in tomato seedlings and its relationship to bacterial canker disease resistance. **Phytoparasitica**, v. 34, n. 1, p. 68–71, 2006.

WILLIAMSON, Marianne. **A return to love**: reflections on the principles of A course in miracles. HarperCollins, 1992.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. **The determination of amino-acids with ninhydrin**. The Analyst, v. 80, p. 209-213, 1955.

APÊNDICE A – Registro fotográfico das etapas do experimento

Figura A1 – Preparo do solo



Figura A2 – Preparo dos vasos



Figura A3 – Semeadura do feijão



Figura A4 – Desbaste do feijão em V2



Figura A5 – Enumeração dos vasos



Figura A6 – Confecção das arenas



Figura A7 – 1º Coleta das folhas



Figura A8 – Coleta dos percevejos





Figura A9 – Preparo dos percevejos para herbivoria

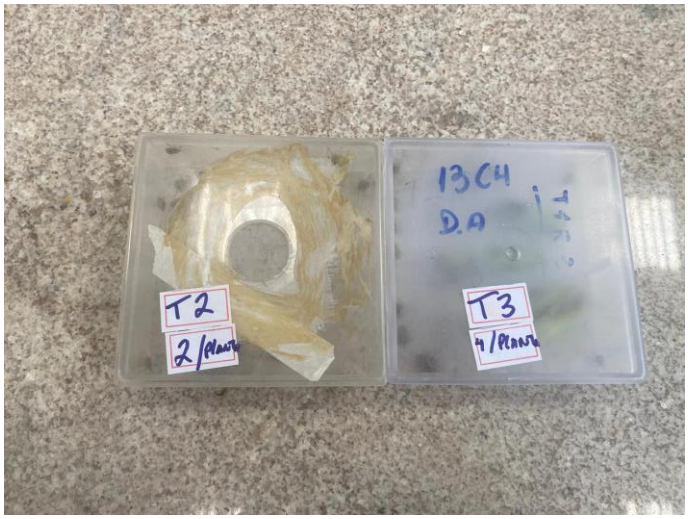




Figura A20 – Arenas com percevejos



Figura A31 – 2º Coleta das folhas



Figura A42 – Análises







