

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA**

Anna Laura Marques de Lima Zanon
Engenharia Agrônoma

**DESENVOLVIMENTO DE *Arachis hypogaea* L. EM SOLO
TRATADO COM TEBUTHIURON E THIAMETHOXAM
ASSOCIADO A BIOFERTILIZANTES**

Dracena

2026

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA**

Anna Laura Marques de Lima Zanon

Engenharia Agrônômica

**DESENVOLVIMENTO DE *Arachis hypogaea* L. EM SOLO
TRATADO COM TEBUTHIURON E THIAMETHOXAM
ASSOCIADO A BIOFERTILIZANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus de
Dracena como parte das exigências para
conclusão de curso em Engenharia
Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Renato Matos Lopes
Co-orientadora: Me. Yanca Araujo Frias

Dracena

2026



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Desenvolvimento de *Arachis hypogaea* L. em solo tratado com tebuthiuron e thiamethoxam associado a biofertilizantes

Modalidade: Trabalho de **Atividades de pesquisa**

Autora: Anna Laura Marques de Lima Zanon

Orientador: Paulo Renato Matos Lopes

Co-orientadora: Yanca Araujo Frias

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 19/06/2026

Paulo Renato Matos
Lopes

Evandro Pereira Prado

Sérgio Bispo Ramos

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Anna Laura Marques de Lima Zanon, graduanda em Engenharia Agrônômica pela Faculdade Estadual de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT/UNESP), Câmpus de Dracena. Durante a formação, atuou como membro do GAIA (Grupo de Ação em Impactos Ambientais) desenvolvendo pesquisa na área de fitotecnia com foco na cultura do amendoim e interações de pesticidas e bioinsumos. Participa desde 2023 da empresa júnior GERUD da FCAT/UNESP como assessora de marketing, técnico e presidência. Formada em 2021 pela ETEC de Palmital/SP no ensino médio integrado com curso técnico de administração e formada em inglês no ano de 2019 com material OXFORD.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus e à espiritualidade que me sustentaram com fé e equilíbrio para cumprir essa jornada. À minha família e amigos, minha gratidão pelo apoio e encorajamento para concretização desse objetivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, fonte de toda luz e sabedoria, por permitir a realização desta caminhada e a São Jorge Guerreiro pela proteção constante e pela força nos momentos mais desafiadores.

Aos meus pais, Roberta e Cesar, meus avós Mara e Edilson que nunca mediram esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos, por todo cuidado, amor, conselhos, confiança e compreensão, levo comigo cada gesto e renúncias feitas ao longo desse caminho. Obrigada por terem sido meus alicerces, cada passo dado até aqui carrega um pouco de vocês. Vocês são a minha base, essa conquista é nossa.

Aos meus avós Maria Inêz e Antonio José que já não estão mais presentes fisicamente, mas que permanecem vivos em meu coração e memória, e sei que continuam me guiando em minha trajetória, carrego comigo os valores e o amor que me transmitiram. A saudade constante eu transformo em força, essa conquista também é dedicada a vocês, com eterna gratidão.

Aos meus tios Sandra e Ricardo, Juliano e Soraia, Natalia e Diego, meus padrinhos Aline e Marcelo e demais familiares que de diferentes formas contribuíram para minha caminhada, obrigada por estarem comigo em momentos de dificuldade e celebrando cada conquista.

Aos meus amigos de Palmital, Gigi, Gi Gonçalves, Thiago, Nathaly, Ana Beatriz, Kaylane, Andressa, Matheus, Isabella, obrigada por sempre torcerem por mim, estarem comigo de alguma forma mesmo distantes.

À República Mulherama, por todos os momentos vividos, pelas risadas, pelo apoio nos dias difíceis e pela parceria constante ao longo desta caminhada.

Aos meus amigos de Dracena, Liandra, Pedro, Amanda, Rodrigo, Ana Laura, Vitoria e demais, obrigada por se tornarem família, sem vocês eu não conseguiria.

Ao meu orientador Prof. Paulo Lopes e a minha co-orientadora Yanca, pela paciência e valiosos ensinamentos, a contribuição de vocês foi essencial para meu crescimento acadêmico e profissional.

Ao GAIA pela parceria e colaboração durante esse processo de desenvolvimento do projeto, ao Victor Hugo Cruz pela ajuda com a análise e dados para que esse projeto pudesse sair do papel e a Unesp de Dracena que sempre nos

‘

proporcionou ensino de qualidade e disposição de todos que fazem parte deste campus.

“Não são as nossas habilidades que revelam quem realmente somos; são as nossas escolhas. São elas que definem o nosso caminho e mostram aquilo que decidimos ser, mesmo diante das dificuldades.”

— Harry Potter e a Câmara Secreta, J.K. Rowling

“As decisões que tomamos diante das incertezas revelam nossa força, pois é na capacidade de persistir, adaptar-se e seguir adiante que construímos o nosso próprio caminho.”

— Crepúsculo, Stephenie Meyer

RESUMO

A cultura do amendoim apresenta um papel econômico importante quando se fala de reforma de canavial, no entanto, devido a utilização de pesticidas que apresentam alto residual no solo aplicados anteriormente, a sua produtividade acaba sendo comprometida. Diante disso, esse estudo tem como seu objetivo avaliar o desenvolvimento do amendoim em solos tratados com o herbicida tebuthiuron e o inseticida thiamethoxam, associados ou não ao uso de vinhaça e um biofertilizante comercial para utilização de manejos mais seguros e eficientes para garantir um bom desempenho inicial da cultura. O experimento foi conduzido em uma estufa agrícola na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, UNESP, do câmpus de Dracena FCAT, com delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x3, totalizando 12 tratamentos com seis repetições (Controle, TB, TX, V, BF, TB+TX, TB+V, TB+BF, TX+V, TX+BF, TB+TX+V e TB+TX+BF) cada e três tempos de avaliação: 14, 28 e 42 dias após a semeadura (DAS), avaliando índice relativo de clorofila foliar (IRC); fitotoxicidade visual de plantas (FVP); altura de plantas (AP) e comprimento de raiz (CR). Os resultados analisados via Componentes Principais (PCA), indicaram que a utilização da vinhaça em solos que apresentam residual de tebuthiuron e thiamethoxam potencializa efeitos fitotóxicos, comprometendo o desenvolvimento inicial do amendoim, especialmente quando os dois pesticidas são combinados com a associação da vinhaça. Contudo, o biofertilizante apresenta um efeito mitigador, favorecendo efeitos fisiológicos e maiores valores nas variáveis de crescimento avaliadas.

Palavras-chave: análise de componentes principais. fitotoxicidade. resíduo de pesticidas. rotação de culturas. vinhaça.

ABSTRACT

Peanut cultivation plays an important economic role in sugarcane field renovation, as it is commonly grown during the off-season period. However, its productivity may be compromised due to the use of pesticides with high residual persistence in the soil from previous applications. Therefore, this study aimed to evaluate peanut development in soils treated with the herbicide tebuthiuron and the insecticide thiamethoxam, associated or not with vinasse and a commercial biofertilizer, seeking safer and more efficient management practices to ensure adequate initial crop performance. The experiment was conducted in a greenhouse at the Faculty of Agricultural and Technological Sciences, São Paulo State University (FCAT/UNESP), Dracena campus, using a completely randomized design in a 4x3 factorial scheme, totaling 12 treatments with six replications each and three evaluation periods: 14, 28, and 42 days after sowing (DAS). The evaluated variables were leaf chlorophyll content index (IRC), visual phytotoxicity (FVP), plant height (AP), and root length (CR). The results, analyzed through Principal Component Analysis (PCA), indicated that the use of vinasse in soils containing tebuthiuron and thiamethoxam residues intensified phytotoxic effects, impairing the initial development of peanut plants, especially when both pesticides were combined with vinasse application. In contrast, the biofertilizer showed a mitigating effect, promoting physiological benefits and higher values for the growth variables evaluated.

Keywords: Crop rotation. pesticide residues. phytotoxicity. principal component analysis. vinasse.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1	- Produtos utilizados na execução do experimento.....	23
Figura 2	- Sementes utilizadas, variedade IAC OL3.....	23
Figura 3	- Aplicação manual dos bioinsumos (A) vinhaça, e (B) biofertilizante comercial.....	24
Figura 4	- (A) Pulverização do Combine® 500 SC e do Actara® 250 SG em local fechado. (B) Bicos com pontas de jato plano ADGA-03.....	25
Figura 5	- Infográfico demonstrativo sobre a metodologia aplicada na execução do experimento.....	28
Figura 6	- Análise de Componentes Principais (PCA) dos efeitos de tebuthiuron, thiamethoxam, vinhaça e biofertilizante sobre características morfofisiológicas do amendoim aos 14 DAS.....	29
Figura 7	- [A] Melhor (TB+BF) e [B] pior (TX+V) resultados visuais aos 14 DAS.....	30
Figura 8	- Análise de Componentes Principais (PCA) dos efeitos de tebuthiuron, thiamethoxam, vinhaça e biofertilizante sobre características morfofisiológicas do amendoim aos 28 DAS.....	31
Figura 9	- [A] Melhor (V) e [B] pior (TB+TX+V) resultados visuais aos 28 DAS.....	32
Figura 10	- Análise de Componentes Principais (PCA) dos efeitos de tebuthiuron, thiamethoxam, vinhaça e biofertilizante sobre características morfofisiológicas do amendoim aos 42 DAS.....	33
Figura 11	- [A] Melhor (TB) e [B] pior (TB+TX) resultados visuais aos 42 DAS.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Caracterização do solo utilizado no experimento.....	21
Tabela 2	- Caracterização da vinhaça utilizada no experimento.....	22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo geral	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1. Amendoim	16
3.2. Tebuthiuron	17
3.3. Thiamethoxam.....	18
3.4. Vinhaça e Biofertilizante	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1. Solo, pesticidas, vinhaça, biofertilizante e espécie vegetal	21
4.2. Delineamento experimental.....	23
4.3. Preparo das unidades experimentais	24
4.4. Avaliação do desenvolvimento vegetal.....	25
4.5. Análise estatística.....	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5. CONCLUSÃO	35

1. INTRODUÇÃO

A cultura do amendoim vem crescendo nas últimas décadas em decorrência dos grandes avanços tecnológicos, como mecanização, ajustes no manejo da cultura e aplicações de sensoriamento remoto (SAMPAIO e FREDO, 2021). O crescimento econômico proporcionado pela cultura do amendoim está fundamentado na produtividade dos canaviais, que, por sua vez, depende da integração de diferentes manejos, como o controle de plantas daninhas e pragas (BIDÓIA, 2019). Um exemplo, é a região de Ribeirão Preto- SP, onde, mais de 40 mil hectares de terra são renovados anualmente com a plantação de amendoim durante a entressafra da cana-de-açúcar, o que proporciona aos produtores uma redução de até 50% nos custos de renovação da cana (CAVALHEIRO, 2024).

Nesse sentido, dentre os herbicidas comercializados para cana-de-açúcar, destaca-se o tebuthiuron que é utilizado para controlar espécies de plantas daninhas (BRASIL, 2024). Sendo recomendado para aplicação em pré-emergência de plantas daninhas, mono e eudicotiledôneas (PIRES *et al.*, 2003). Este composto é caracterizado por ser uma molécula de efeito residual prolongado e com alta solubilidade, gerando um alto risco de contaminação do solo (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2008).

De maneira semelhante, o inseticida thiamethoxam não só controla pragas na cana-de-açúcar, mas também atua como um bioativador, aumentando o diâmetro do colmo e a massa seca do sistema radicular (PEREIRA; FERNANDES; VELOSO, 2010). O mecanismo de ação do thiamethoxam é por ligação nos receptores nicotínicos da acetilcolina (MAIENFISCH *et al.*, 2001).

Em relação a cana-de-açúcar, geralmente se é empregada uma técnica nas áreas de plantio denominada fertirrigação com vinhaça, que em quantidades adequadas é um excelente fertilizante, reduzindo o uso de adubação química (SOTO *et al.*, 2017). Uma das principais vantagens do uso da fertirrigação da vinhaça em campo é a disponibilidade do potássio em forma líquida que está prontamente disponível para a absorção pelas raízes da planta sendo que a água em conjunto promove sua passagem facilmente (SILVA *et al.*, 2019).

Atualmente, vários biofertilizante são utilizados regionalmente, preparados com resíduos animais, vegetais e agroindustriais, que são aplicados de diversas maneiras: via solo, via sistemas de irrigação ou pulverização sobre as plantas. Na

forma líquida, via foliar, o biofertilizante é assimilado com maior rapidez, tendo grande utilidade para culturas que necessitam de quantidade elevada de nutrientes (Rocha *et al.*, 2015).

Assim, a interação entre o herbicida tebuthiuron, o inseticida thiamethoxam e a fertirrigação com vinhaça e/ou aplicação de biofertilizante comercial na cultura do amendoim em sucessão à cana-de-açúcar visa promover um manejo integrado que potencializa o controle de plantas daninhas e pragas, melhora a saúde e o desenvolvimento das plantas e contribui para uma produção agrícola mais sustentável e eficiente. No entanto, estudos recentes têm evidenciado que a interação entre vinhaça e tebuthiuron pode ser prejudicial para o desenvolvimento das plantas sucessoras, resultando em baixa produção de biomassa (ARAGÃO, 2023; FRIAS *et al.*, 2023).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o desenvolvimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) na presença do herbicida tebuthiuron e do inseticida thiamethoxam associados ou não à vinhaça ou biofertilizante.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar os efeitos do herbicida tebuthiuron e do inseticida thiamethoxam, aplicados isoladamente ou em associação, sobre o desenvolvimento inicial e final do amendoim (*Arachis hypogaea* L.);
- Determinar a influência da aplicação de vinhaça e biofertilizante sobre os parâmetros morfológicos do amendoim cultivado em solo contaminado com os pesticidas tebuthiuron e thiamethoxam;
- Quantificar os efeitos dos tratamentos sobre o índice relativo de clorofila, fitotoxicidade visual, altura da parte aérea e comprimento radicular das plantas aos 14, 28 e 42 dias após a semeadura;
- Analisar, por meio de Análise de Componentes Principais (PCA), a relação entre os tratamentos e as variáveis biométricas avaliadas ao longo do experimento; e
- Identificar quais combinações de pesticidas e biofertilizantes promovem maior tolerância ou sensibilidade do amendoim durante o desenvolvimento inicial da cultura.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Amendoim

A cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é consumida em todo o mundo devido a sua riqueza de vitaminas, proteínas e capacidade de se gerar produtos provenientes dele, onde é utilizado de forma in natura (cru ou torrado) ou processado. Desde a pré-história, o amendoim tem sido uma fonte vital de alimento, antes mesmo de os humanos dominarem a cerâmica ou o fogo, conforme evidenciado por registros arqueológicos que apontam seu cultivo inicial na América do Sul (SAMPAIO; FREDO, 2021). Sendo utilizado na indústria alimentícia para humanos em pastas, cremes, paçocas e o próprio amendoim torrado; alimentação animal com tortas extraídas de óleos; indústria química para combustíveis e lubrificantes; óleo de amendoim refinado utilizado em áreas farmacêuticas, de cosméticos e alimentícia.

O cultivo do amendoim tem se consolidado como uma das principais atividades agrícolas na região da Nova Alta Paulista, exercendo um papel estratégico na economia local. Além disso, o cultivo do amendoim tem sido impulsionado pela adoção de novas tecnologias, ampliação da capacidade de processamento e abertura de mercados externos, consolidando-se como um vetor de crescimento para o agronegócio local (ANDREOLI, 2021 apud BUCHALA *et al.*, 2025).

Na década de 1940, a cultura do amendoim já era a segunda principal fonte de óleo vegetal no estado. A produção estava concentrada no oeste paulista, em regiões como Presidente Prudente, Marília, Tupã, Dracena, Santo Anastácio, Araçatuba e Lins, conhecidas como Alta Paulista. Apesar do uso de cultivares melhorados, a baixa mecanização e a comercialização intermediada por retalhistas evidenciaram a necessidade de avanços em infraestrutura e tecnologia para o setor (SAMPAIO, 2016).

No Brasil, a produção de amendoim é cultivada com base no sistema de rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), onde o amendoim é plantado durante a reforma do canavial (BETIOL *et al.*, 2023). A associação de cana-de-açúcar e amendoim tem melhorado as condições do solo com um aumento direto na disponibilidade de nutrientes (principalmente nitrogênio, N), devido à relação simbiótica entre o amendoim e as bactérias do solo com a fixação de N atmosférico (BETIOL *et al.*, 2023). O cultivo de leguminosas como cultura de cobertura durante o período de renovação da cana-de-açúcar é conhecido por proporcionar uma extensão

dos serviços ecossistêmicos, incluindo a redução da infestação por pragas, o controle da erosão do solo (AMBROSANO *et al.*, 2011; PARK *et al.*, 2010; TENELLI *et al.*, 2021). Assim, além dos benefícios da leguminosa, a incorporação de resíduos de culturas no sistema pode promover maior estruturação do solo, reduzir a evaporação da água do solo e melhorar a qualidade química e a dinâmica da microbiota do solo, que estão diretamente ligadas a um solo saudável (TENELLI *et al.*, 2021).

No cultivo do amendoim, compreender a distribuição espacial das características químicas e físicas do solo é essencial para maximizar a eficiência produtiva e reduzir custos. A delimitação de zonas de manejo com base em amostras georreferenciadas contribui para um planejamento mais preciso da aplicação de adubos e corretivos, evitando desperdícios e minimizando impactos ambientais (MONTANARI; SOUZA; OLIVEIRA, 2015).

O uso do amendoim nessas áreas de reforma de cana-de-açúcar no estado de São Paulo poderia ser muito maior, considerando que apenas 25% da área de cana é utilizada para o seu cultivo (YAMAUTI, 2009). Esse cenário indica um grande potencial de expansão. A área remanescente é ocupada majoritariamente por outras leguminosas, como a soja, ou por sistemas de adubação verde e pousio. Entre as principais dificuldades no setor do amendoim, destaca-se a interferência da convivência entre plantas daninhas e a cultura. A competição interespecífica pode reduzir a produtividade em mais de 80%, dependendo do cultivar, da densidade de infestação, da composição das espécies e da fertilidade do solo (AGOSTINHO *et al.*, 2006; NEPOMUCENO *et al.*, 2007 apud YAMAUTI, 2009). Além da dificuldade no controle de plantas daninhas, outro obstáculo enfrentado pelos produtores é a falta de informações sobre os efeitos dos herbicidas comumente utilizados na cana-de-açúcar sobre culturas em sucessão, bem como a baixa disponibilidade de herbicidas registrados para o amendoim no Brasil (BRASIL, 2024).

3.2. Tebuthiuron

Herbicidas com novos mecanismos de ação são extremamente necessários para controlar a evolução da resistência de biótipos de plantas daninhas aos herbicidas existentes. Desde a introdução dos herbicidas sintéticos, a indústria introduziu aproximadamente um novo mecanismo de ação a cada dois anos por várias décadas (MENDES *et al.*, 2022). Os herbicidas seletivos matam apenas certas espécies de plantas e não outras, enquanto os de amplo espectro de controle são

eficazes na maioria das espécies de plantas, incluindo as cultivadas (MENDES *et al.*, 2022). Os herbicidas matam rapidamente os tecidos vegetais aos quais são aplicados (atividade de contato), ou então são absorvidos e translocados para partes da planta nas quais não foram aplicados (atividade sistêmica), em geral agindo de forma mais lenta e completa na planta do que os herbicidas de contato (MENDES *et al.*, 2022). Além disso, os herbicidas podem ser aplicados em pré-emergência diretamente ao solo ou pré-plantio e incorporados ao solo para serem absorvidos por sementes de plantas daninhas e plântulas durante a germinação e seu desenvolvimento inicial, por apresentarem efeito residual. Outros funcionam melhor quando aplicados diretamente na folhagem da planta em pós-emergência (MENDES; SILVA; MIELKE, 2022).

O consumo global de pesticidas ultrapassa 2,6 milhões de toneladas por ano, sendo cerca de 50% desse total composto por herbicidas (TYGEL *et al.*, 2024). Na agricultura moderna, os químicos são mais escolhidos devido a sua rapidez, eficiência, versatilidade de serem aplicados em folhas ou raízes e variadas opções de aplicação. Onde, apesar de deixarem residuais no solo dependendo do produto por mais ou menos tempo, são mais positivos na visão do produtor.

O tebuthiuron é um herbicida utilizado no controle de plantas daninhas como corda-de-viola (*Ipomoea triloba*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e capim-amargoso (*Digitaria Insularis*), principalmente na cultura da cana-de-açúcar. Ele é pertencente ao grupo das ureias substituídas (grupo C2), sua utilização em pré-emergência apresenta ação sistêmica e inibição do fotossistema II (BRASIL, 2024).

3.3. Thiamethoxam

A definição de inseticida é qualquer substância tóxica utilizada para controlar populações de insetos (incluindo ovicidas e larvicidas, destinados ao controle de ovos e larvas, respectivamente). Esses compostos são empregados principalmente no manejo de pragas que infestam plantas cultivadas ou na eliminação de insetos vetores de doenças em áreas específicas (ARAÚJO *et al.*, 2023). Desde a década de 90, temos observado o surgimento de novos inseticidas, como os neonicotinoides, uma classe de inseticidas neuroativos quimicamente semelhantes à nicotina; eles atuam movendo-se sistematicamente nos tecidos vegetais, translocando-se via xilema para as partes aéreas, o que confere proteção à cultura contra diversos alvos biológicos (ARAÚJO *et al.*, 2023).

O thiamethoxam atua como um agonista eficaz dos receptores nicotínicos de acetilcolina pós-sinápticos e induz a disrupção seletiva do sistema nervoso central em artrópodes (MATSUDA *et al.* 2020). A hiperexcitação induzida eventualmente leva à morte do inseto. Contudo, seu uso contínuo levanta preocupações ambientais, uma vez que apresenta elevada persistência no solo, com meia-vida de até 618 dias e elevada mobilidade, sendo classificado como ambientalmente perigoso (IBAMA, 2019). O thiamethoxam é um produto altamente móvel e com grande potencial de deslocamento no solo, atingindo principalmente águas subterrâneas (SYNGENTA, 2023). Dessa maneira, o thiamethoxam é ambientalmente perigoso, visto que o grau de periculosidade desse inseticida é o I, ou seja, demonstra grande risco ao meio ambiente (MATTOS *et al.*, 2015). Apesar da periculosidade ambiental mencionada, o uso do thiamethoxam em níveis técnicos adequados apresenta seletividade à cultura. Nesse sentido, Tatu, Scarpellini e Nakamura (2002) observaram que o tratamento de sementes com este inseticida não compromete a emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas de amendoim em condições de campo, demonstrando segurança biológica para o estabelecimento do estande.

3.4. Vinhaça e Biofertilizante

O principal componente do processo de destilação do bioetanol é geralmente denominado vinhaça. É produzida a partir de diferentes matérias-primas, incluindo cana-de-açúcar na América do Sul (AHMED *et al.*, 2020). A vinhaça é um efluente marrom-escuro, com odor nauseante típico e caráter fortemente ácido. Caracteriza-se pela alta demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio e concentração de sais minerais, o que resulta em altos valores de condutividade elétrica (AHMED *et al.*, 2020).

A utilização agrícola da vinhaça produzida pela indústria sucroalcooleira passou por inúmeras mudanças ao longo dos anos, pois a utilização contínua da vinhaça nos mesmos solos, mesmo que em dosagens baixas, pode gerar a saturação de cátions principalmente de potássio, ocasionando problemas de lixiviação e posterior contaminação das águas subterrâneas (RAMOS, 2025). O constituinte principal da vinhaça é a matéria orgânica, basicamente sob a forma de ácidos orgânicos e, em menor quantidade, por elementos como potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (CAIXETA *et al.*, 2010). A vinhaça pode ser utilizada como fertilizante, pois é rica em nutrientes, especialmente o potássio, que se encontra prontamente disponível para a

absorção pelas raízes (SILVA *et al.*, 2019). Sua aplicação no solo pode aumentar a fertilidade e melhorar a qualidade química do solo, contribuindo para a produção agrícola sustentável (OLIVEIRA *et al.*, 2025). Estudos indicam que a aplicação de vinhaça em cultivos pode resultar em aumentos significativos na produtividade, principalmente em culturas como cana-de-açúcar, milho e feijão (OLIVEIRA *et al.*, 2025).

Biofertilizantes são adubos orgânicos compostos por subprodutos como dejetos, húmus ou folhas em decomposição, sendo fontes ricas em nutrientes e minerais naturais. A utilização desses insumos promove a saúde do solo pois, além de fornecerem nutrientes, melhoram a qualidade química e a dinâmica da microbiota, estimulando a atividade biológica necessária para a fertilidade e estruturação do ambiente radicular. Adicionalmente, em sistemas de sucessão, os biofertilizantes podem atuar como agentes mitigadores de estresse químico, reduzindo os impactos ambientais da agricultura convencional e favorecendo o desempenho fisiológico das culturas diante de resíduos de pesticidas no solo (BASSO *et al.*, 2025). Atualmente, o mercado disponibiliza diversas formulações, incluindo opções líquidas, em turfa, granuladas e em pó liofilizado (KOUR *et al.*, 2020).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em uma estufa agrícola entre os meses de janeiro e fevereiro de 2025, na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista, do câmpus de Dracena - coordenadas 21°28'57" latitude sul e 51°31'58" longitude oeste com altitude média de 400 m.

4.1. Solo, pesticidas, vinhaça, biofertilizante e espécie vegetal

O solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com textura arenosa sem histórico de aplicação de pesticidas (809 g/kg) foi coletado da própria fazenda experimental da FCAT/UNESP, câmpus de Dracena, em uma profundidade de 20 cm, peneirado e armazenado dentro da estufa, posteriormente foi realizada análise físico-química (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização do solo utilizado no experimento.

Parâmetro	Valor	Unidade de medida
pH	4,4	
Matéria Orgânica	7	g/dm ³
Potássio	2,2	
Cálcio	4	
Magnésio	15	
H+Al	15	mmolc/dm ³
Soma Bases	21,2	
Alumínio	17	
CTC	36,2	
Saturação por Bases	59	
Ca/CTC	11	
Mg/CTC	41	%
Saturação por Alumínio	45	
Boro	0,10	
Cobre	0,2	
Ferro	2	
Manganês	2,1	mg/dm ³
Zinco	0,2	
Enxofre	28	
Fósforo	1	

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo – FEIS/UNESP (2024).

O inseticida thiamethoxam (Actara® 250 WG, 250 g i.a. L⁻¹, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.) foi aplicado conforme recomendação de bula para solo arenoso, na dose de 1,0 L ha⁻¹. A dose de tebuthiuron utilizada foi de 500 g i.a. ha⁻¹,

correspondente à metade da dose comercial recomendada para a cultura da cana-de-açúcar (1000 g i.a. ha⁻¹). Essa concentração foi adotada para representar um cenário de contaminação residual do solo, considerando a elevada persistência do herbicida em condições agrícolas. A escolha da dose foi fundamentada nos resultados de Ferreira et al. (2024), que demonstraram atividade residual do tebuthiuron em solos franco-arenosos por até 360 dias após a aplicação.

A vinhaça utilizada foi coletada de uma usina sucroalcooleira da região de Dracena-SP, também submetida a análise físico-química (Tabela 2), a qual o volume de vinhaça aplicado foi calculado em função do teor de potássio após análise do solo (219 m³ ha), de acordo com Norma Técnica P4.231 (CETESB, 2015), sendo de 300 mL por vaso.

O biofertilizante, um composto estável de frutas nobres com pH (5,1), condutividade elétrica (8,66 mS cm⁻¹), matéria orgânica (5,3%), carbono orgânico total (0,78%), fósforo (1,18%) e silício (0,06%) foi obtido a partir de um produto comercial pela empresa AMTec® Bioagrícola e a sua aplicação seguiu as instruções do fabricante, aplicando 50 mL por vaso, sendo utilizado vasos de 4 litros.

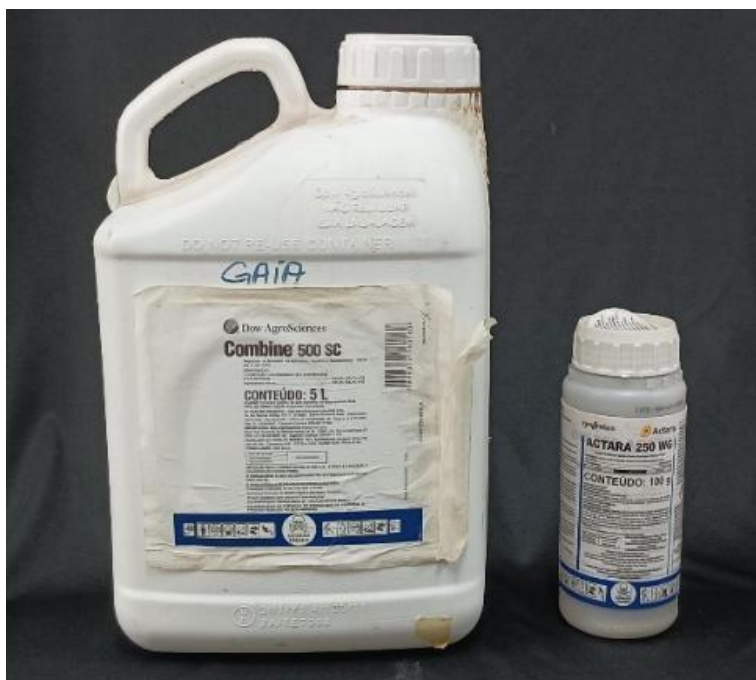
Por fim, as sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) utilizadas no experimento foram da variedade IAC OL3, uma cultivar de ciclo curto (aproximadamente 130 dias), recomendada para o plantio em áreas onde o amendoim é cultivado durante o intervalo de renovação da cana-de-açúcar (IAC, 2016).

Tabela 2. Caracterização da vinhaça utilizada no experimento.

Parâmetro	Valor	Unidade de medida
Nitrogênio Total	1077,4	
Nitrogênio amoniacal	431,2	
Fósforo total	169,8	
Potássio	6400,0	
Cálcio	653,2	mg/L
Sulfato	3188,2	
Sódio	36,7	
Cloretos	2200,0	
Nitrogênio nitrato	135,0	
Nitrogênio nitrito	3,7	
pH	4,9	

Fonte: Laboratório de Análise do Solo e Foliar - RIBERSOLO (2023).

Figura 1. Produtos utilizados na execução do experimento.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 2. Sementes utilizadas, variedade IAC OL3.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

4.2. Delineamento experimental

Foi realizado um delineamento do tipo inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x3, a partir dos seguintes fatores:

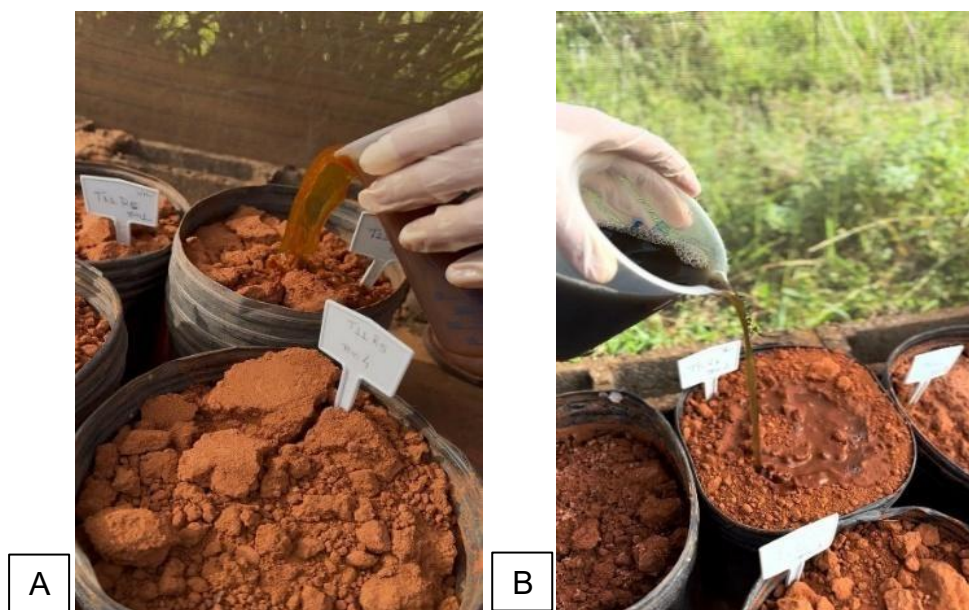
- Pesticidas: ausência; tebuthiuron (TB); thiamethoxam (TX); e TB+TX; e
- Fertilizantes: ausência; vinhaça (V); biofertilizante (BF).

Dessa forma 12 tratamentos com seis repetições cada foram montados: Controle, TB, TX, V, BF, TB+TX, TB+V, TB+BF, TX+V, TX+BF, TB+TX+V, TB+TX+BF; em três tempos de avaliação: 14, 28 e 42 dias após a semeadura (DAS), totalizando 216 unidades experimentais.

4.3. Preparo das unidades experimentais

Inicialmente, vasos de capacidade de 4 litros foram preenchidos com o solo. Em seguida, adicionada a vinhaça de forma manual, uniforme e superficial, simulando a fertirrigação realizada a campo. Da mesma forma, foi aplicado o biofertilizante conforme as instruções do fabricante (Figura 3).

Figura 3. Aplicação manual dos bioinsumos (A) vinhaça, e (B) biofertilizante comercial.



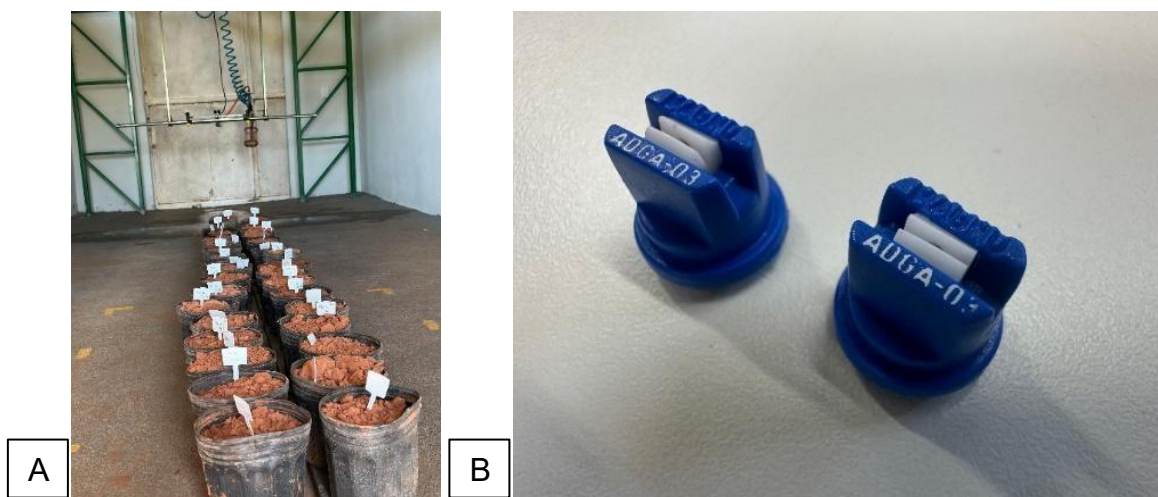
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

No dia seguinte foi realizada a pulverização do Combine® 500 SC e do Actara® 250 SG em local fechado (Figura 4A). Este procedimento utilizou um pulverizador laboratorial automático pressurizado por ar comprimido e equipado com duas pontas de jato ADGA-03 na pressão de 3 bar (vazão de aproximadamente 1,14 L/min), com espaçamento de 0,5 m, na velocidade de 5 km h⁻¹ e uma altura de

0,75 m em relação ao topo dos vasos, resultando assim um volume de aplicação de 250 L ha⁻¹.

Sete dias depois, sementes de amendoim foram semeadas nos vasos (seis sementes por unidade experimental). No décimo dia após a semeadura (10 DAS), algumas plântulas foram desbastadas para garantir o crescimento de uma única planta robusta. Todas as unidades experimentais receberam irrigação diária por meio de microaspersores automáticos a 6 mm/h durante 1 hora, a fim de garantir o abastecimento adequado de água para o desenvolvimento das plantas.

Figura 4. (A) Pulverização do Combine® 500 SC e do Actara® 250 SG em local fechado. (B) Bicos com pontas de jato plano ADGA-03.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

4.4. Avaliação do desenvolvimento vegetal

O cultivo do amendoim foi realizado entre janeiro e março com a finalização do experimento em 42 DAS (dias após a semeadura), ou seja, as plantas entraram no início do seu florescimento.

O desbaste ocorreu no décimo dia após a semeadura (10 DAS), sendo conduzida apenas uma planta por vaso. Posteriormente, o desenvolvimento vegetal foi mensurado aos 14, 28 e 42 DAS. As seguintes avaliações foram realizadas:

- Índice relativo de clorofila foliar (IRC) com medidor digital de teor de clorofila;
- fitotoxicidade visual de plantas (FVP);
- altura das plantas (AP) com uma trena em cm;
- comprimento de raiz (CR) com uma trena em cm;

A separação de parte aérea e raiz foi realizada pelo corte do caule rente ao solo, e as raízes lavadas para que todo o solo fosse removido.

4.5. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando a linguagem Python, com o auxílio das bibliotecas NumPy, Pandas, Matplotlib e SciPy. O processamento numérico e a manipulação de matrizes e arrays foram conduzidos por meio do NumPy, enquanto a organização, estruturação e tratamento dos dados foram realizados no Pandas.

A análise multivariada foi conduzida por meio de Análise de Componentes Principais (PCA), aplicada aos dados de fitotoxicidade das plantas, altura de plantas, comprimento de raiz e índice de clorofila, considerando os fatores: ausência ou presença e/ou combinações de: tebuthiuron (TB), thiamethoxam (TX), vinhaça (V) e biofertilizante (BF), avaliados aos 14, 28 e 42 dias após a semeadura (DAS). Antes da aplicação da PCA, os dados foram padronizados para média zero e variância unitária, a fim de evitar influência de escalas distintas entre as variáveis.

A PCA foi utilizada para reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados e identificar padrões de variação associados aos tratamentos e períodos avaliados, com base na estrutura de correlação entre as variáveis analisadas. A visualização gráfica dos resultados foi realizada por meio da biblioteca Matplotlib.

Figura 5. Infográfico demonstrativo sobre a metodologia aplicada na execução do experimento.

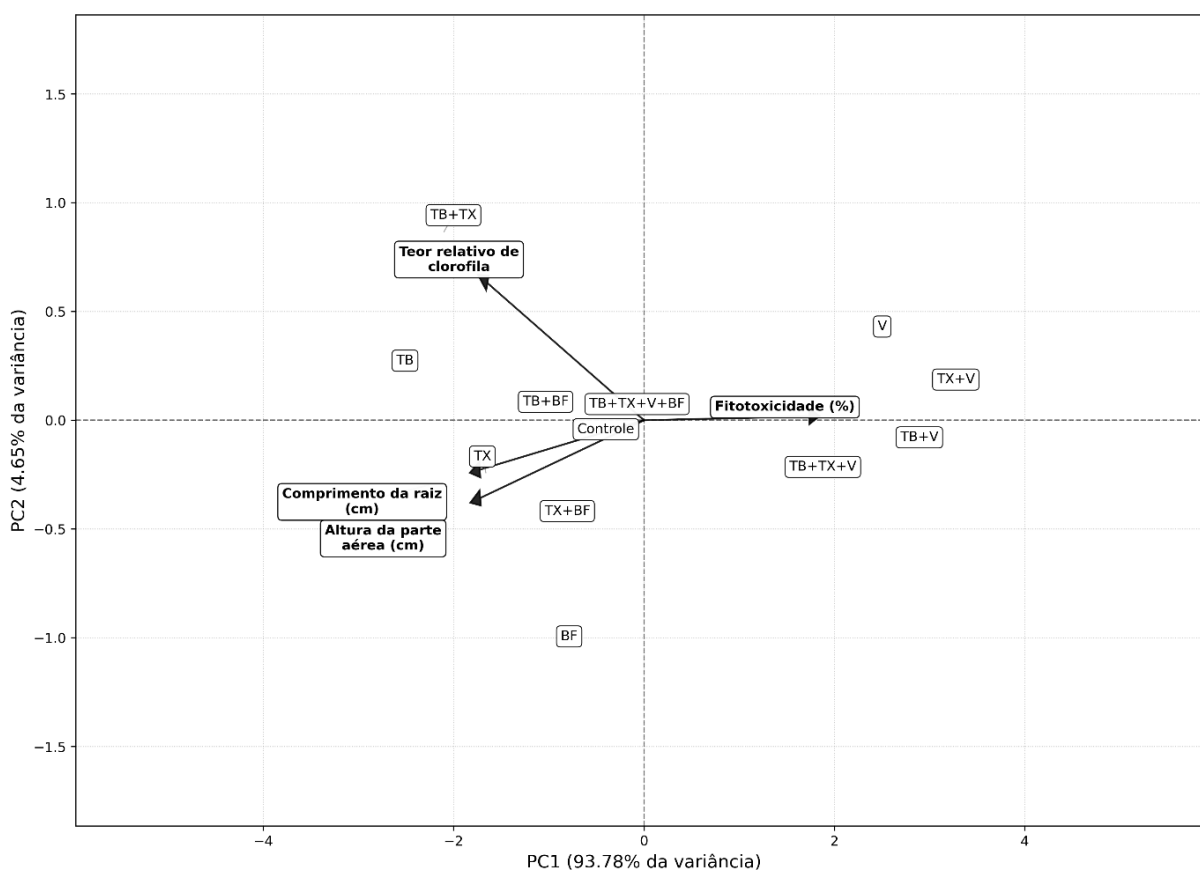


Fonte: Imagem elaborada pela autora com auxílio da ferramenta de inteligência artificial generativa NotebookLM (Google), a partir do prompt descritivo na metodologia experimental do estudo. Acesso em: 04 junho 2026.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 6 apresenta os resultados da análise de componentes principais (PCA) aos 14 DAS.

Figura 6. Análise de Componentes Principais (PCA) dos efeitos de tebuthiuron, thiamethoxam, vinhaça e biofertilizante sobre características morfofisiológicas do amendoim aos 14 DAS.



Legenda: TB = tebuthiuron; TX = thiamethoxam; V = vinhaça; BF = biofertilizante comercial

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Aos 14 DAS, foi possível observar a separação entre os tratamentos ao longo do eixo principal (PC1). As variáveis fitotoxicidade (%) e os tratamentos contendo vinhaça (V), especialmente TX+V e TB+V, estão no lado positivo do PC1, indicando associação com maiores sintomas de intoxicação nas plantas de amendoim. Corroborando os resultados obtidos, a Figura 7B apresenta uma das

repetições do tratamento TX+V, evidenciando baixo desenvolvimento vegetal, possivelmente relacionado à presença de vinhaça.

Por outro lado, as variáveis relacionadas ao desenvolvimento vegetal, como altura da parte aérea e comprimento da raiz, apresentaram correlação negativa com a fitotoxicidade, posicionando-se no lado negativo do gráfico. Os tratamentos TX e TX+BF estiveram mais próximos dessas variáveis, sugerindo melhor desenvolvimento inicial das plantas nessas condições.

O índice relativo de clorofila (IRC) apresentou comportamento distinto das demais variáveis de crescimento, estando associado principalmente ao tratamento TB+TX, indicando possível alteração fisiológica inicial decorrente da interação entre os pesticidas.

Figura 7. [A] Melhor (TB+BF) e [B] pior (TX+V) resultados visuais aos 14 DAS.



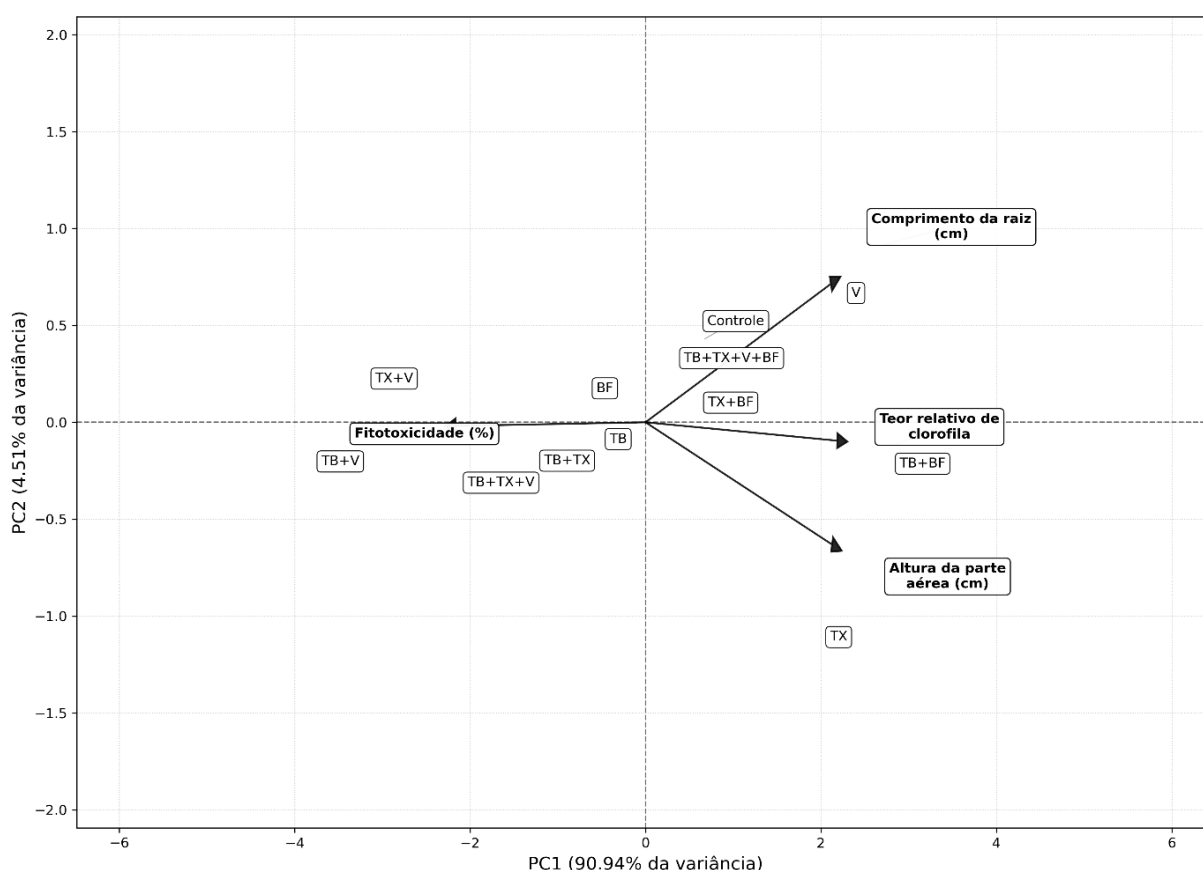
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Aos 28 DAS (Figura 8) se manteve a separação dos tratamentos promovida principalmente pelo PC1. A fitotoxicidade permaneceu associada aos tratamentos contendo vinhaça, especialmente TB+V, TX+V e TB+TX+V (Figura 9B), posicionados no lado negativo do eixo principal. Esse resultado indica persistência dos efeitos tóxicos relacionados à presença dos pesticidas associados à vinhaça.

Frias *et al.* (2023) obtiveram o mesmo resultado para plantas de *Mucuna pruriens*, no qual os autores observaram que na presença de vinhaça, tanto em dose cheia quanto em dose duplicada, as plantas sofreram com a fitotoxicidade.

Em contrapartida, a Figura 9A apresenta um bom desenvolvimento foliar e radicular do amendoim na presença de V isolada. Corroborando com Ferreira *et al.* (2021), que apresentou resultados positivos da vinhaça para leguminosas em solo com esse bioinsumo, sendo um bom indicador de fertilização do solo. Entretanto, os resultados visuais reforçam o apresentado por Frias *et al.* (2023), que implicam nos efeitos negativos da associação da vinhaça com outros compostos no solo, principalmente os pesticidas.

Figura 8. Análise de Componentes Principais (PCA) dos efeitos de tebuthiuron, thiamethoxam, vinhaça e biofertilizante sobre características morfofisiológicas do amendoim aos 28 DAS.



Legenda: TB = tebuthiuron; TX = thiamethoxam; V = vinhaça; BF = biofertilizante comercial

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Já índice relativo de clorofila, comprimento da raiz e altura da parte aérea posicionaram-se no lado positivo do PC1, demonstrando associação com maior desenvolvimento vegetal. O tratamento controle apresentou proximidade com comprimento radicular, enquanto o tratamento TB+BF associou-se ao teor relativo de clorofila, sugerindo possível efeito mitigador do biofertilizante sobre os impactos dos pesticidas.

O tratamento TX apresentou associação negativa com altura da parte aérea, indicando redução do crescimento vegetal nesse período. Já os tratamentos contendo biofertilizante mostraram distribuição mais próxima das variáveis de desenvolvimento vegetal do que aqueles contendo vinhaça.

Figura 9. [A] Melhor (V) e [B] pior (TB+TX+V) resultados visuais aos 28 DAS.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

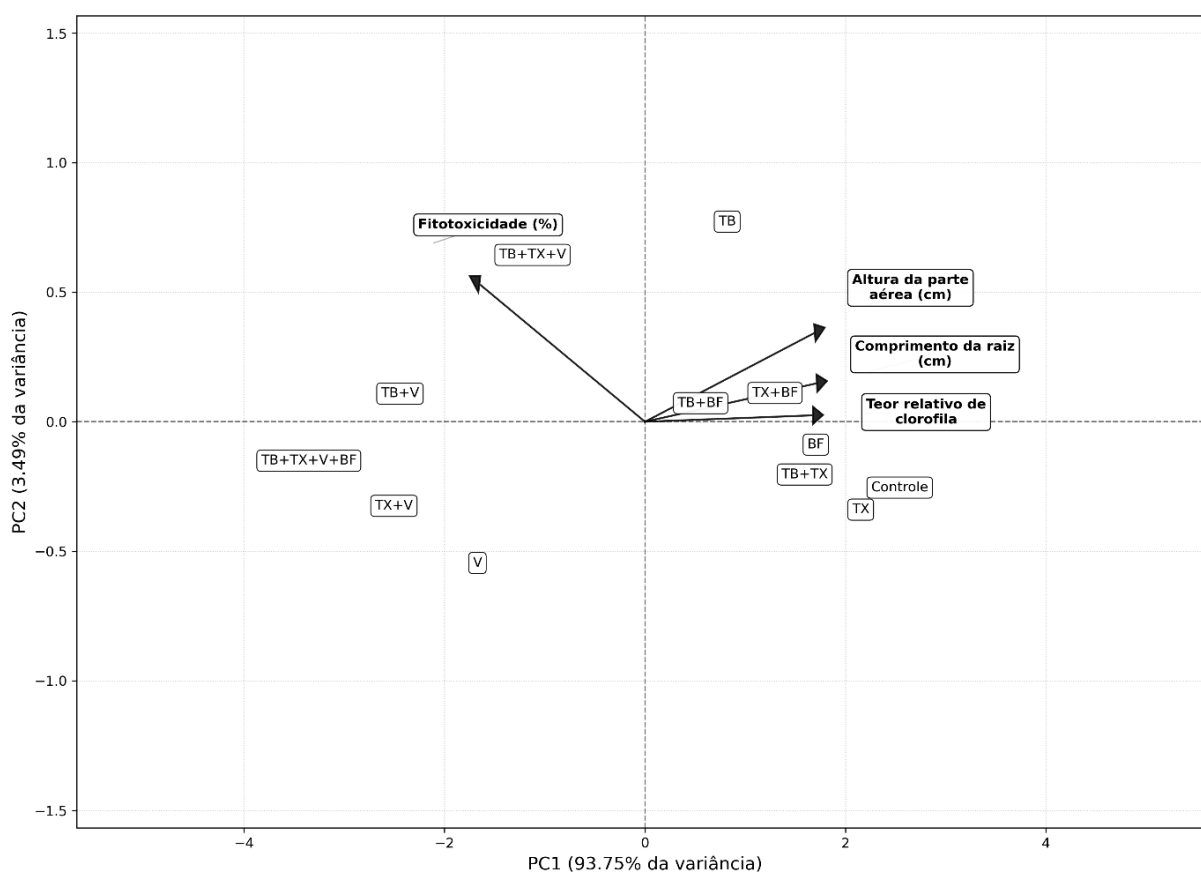
Na avaliação final, aos 42 DAS (Figura 10), observou-se maior distinção entre os tratamentos relacionados ao crescimento vegetal e aqueles associados à fitotoxicidade. As variáveis altura da parte aérea, comprimento da raiz e índice relativo de clorofila ficaram agrupadas no lado positivo do PC1, evidenciando forte correlação entre os parâmetros de crescimento.

Os tratamentos TX+BF e TB+BF posicionaram-se próximos dessas variáveis, indicando associação com melhor desempenho fisiológico e

desenvolvimento das plantas. O tratamento controle também permaneceu relativamente próximo das variáveis de crescimento, reforçando o padrão esperado de desenvolvimento vegetal em ausência de estresse químico.

Em contraste, a fitotoxicidade apresentou posicionamento oposto às variáveis de crescimento, associando-se principalmente ao tratamento TB+TX+V, indicando novamente que a combinação entre os pesticidas e a vinhaça intensificou os efeitos tóxicos sobre as plantas de amendoim.

Figura 10. Análise de Componentes Principais (PCA) dos efeitos de tebuthiuron, thiamethoxam, vinhaça e biofertilizante sobre características morfofisiológicas do amendoim aos 42 DAS.



Legenda: TB = tebuthiuron; TX = thiamethoxam; V = vinhaça; BF = biofertilizante comercial

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Além disso, o tratamento TB apresentou comportamento isolado no gráfico, indicando resposta distinta em relação aos demais tratamentos, como pode ser observado na Figura 11A. Tal resultado indica que ao longo do tempo e sem

interferência de outros compostos, o amendoim é tolerante ao herbicida tebuthiuron, como também observado por Conciani *et al.* (2023). Os tratamentos contendo vinhaça mantiveram associação com maiores níveis de estresse vegetal, enquanto aqueles contendo biofertilizante apresentaram tendência de aproximação das variáveis relacionadas ao crescimento e vigor das plantas.

De forma geral, a PCA evidenciou que a vinhaça associada aos pesticidas potencializou os efeitos fitotóxicos sobre o amendoim, enquanto o biofertilizante apresentou tendência de mitigação dos impactos negativos, favorecendo o desenvolvimento vegetal ao longo do período experimental

Figura 11. [A] Melhor (TB) e [B] pior (TB+TX) resultados visuais aos 42 DAS.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

5. CONCLUSÃO

Apesar da vinhaça ser uma boa alternativa como fertilizante em situações normais, para o amendoim em áreas de reforma de canavial onde se apresenta residual de tebuthiuron atrapalha o desenvolvimento inicial da cultura.

A aplicação da vinhaça associada aos pesticidas tebuthiuron e thiamethoxam intensificou efeitos fitotóxicos na cultura do amendoim, tanto no início do crescimento vegetativo que perdurou até o final das avaliações aos 42 DAS, onde o tratamento com TB+TX+V foi o que demonstrou os maiores níveis de estresse e toxicidade afetando altura, comprimento de raiz e índice relativo de clorofila das plantas.

Nessa análise, foi corroborado que as variáveis de crescimento, tanto radicular quanto aérea, evidenciaram relação negativa com a fitotoxicidade, demonstrando que o estresse químico pela combinação dos pesticidas com a vinhaça compromete o vigor da cultura.

Em contra partida, a utilização do biofertilizante evidenciou uma tendência de mitigação dos impactos negativos dos pesticidas. Os tratamentos onde houve a associação do BF com TB e com o TX resultaram em um maior desempenho vegetal, demonstrando os maiores valores de comprimento radicular, altura da parte aérea e índice relativo de clorofila.

Assim, conclui-se que a utilização de biofertilizantes nesses casos de solos com residuais de tebuthiuron e thiamethoxam para implementação de amendoim para reforma de área se torna a alternativa mais segura e eficiente do que a aplicação de vinhaça.

6. REFERÊNCIAS

- AHMED, P. M.; DE FIGUEROA, L. I. C.; PAJOT, H. F. Dual Purpose of ligninolytic-basidiomycetes: mycoremediation of bioethanol distillation vinasse coupled to sustainable bio-based compounds production. **Fungal Biology Reviews**, v. 34, n. 1, p. 25-40, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2019.12.001>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- ARAGÃO, M. B. **Tolerância e capacidade de fitorremediação de espécies de interesse agrônomo em solo com tebuthiuron, thiamethoxam e vinhaça**. 2023. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônoma) - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Dracena, 2023.
- ARAÚJO, M. F.; CASTANHEIRA, E. M. S.; SOUSA, S. F. O burburinho sobre inseticidas: uma revisão de usos, estruturas moleculares, alvos, efeitos adversos e alternativas. **Molecules**, v. 28, n. 8, p. 3641, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules28083641>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- BASSO, M. C. A. et al. Biofertilizantes e biochar: impactos sustentáveis e políticas públicas para a agricultura brasileira. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 1, p. 01-27, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n1-216>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- BETIOL, R. A. B.; FERRAZ-ALMEIDA, R.; OTTO, R.; VITTI, G. C. Fertilizações com borato via foliar e solo para a produção de amendoim durante a reforma da cana-de-açúcar. **Agriculture**, v. 13, n. 2, p. 347, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture13020347>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- BIDÓIA, V. S. **Estratégias de manejo químico para controle de Mucuna aterrima, Ricinus communis, Merremia aegyptia, Ipomoea hederifolia e Ipomoea quamoclit e sua seletividade no plantio da cana-de-açúcar**. 2019. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal, 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários – AGROFIT**. Brasília, 2024. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 04 abr. 2026.
- BUCHALA, R. et al. A importância do amendoim na economia da Nova Alta Paulista: análise de produção, mercado e políticas públicas. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, v. 14, n. 8, p. 01-21, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.23900/2359-1552v14n8-56-2025>. Acesso em: 04 abr. 2026.
- CAIXETA, L. de B. et al. Efeito da fertirrigação com vinhaça na distribuição espacial de fitonematóides em solo cultivado com cana-de-açúcar. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 10., 2010, Recife. **Anais [...]**. Recife: UFRPE, 2010.

CAVALHEIRO, G. **Produção amendoim no Brasil dispara com sementes certificadas**. [S. l.: s. n.], 2024.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Norma Técnica P4.231**: Vinhaça – Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. 3. ed. São Paulo: CETESB, 2015. 15 p.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. In: FERREIRA, F. A. (org.). **Herbicidas no Solo**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2008. p. 9-10.

DE OLIVEIRA, N.; DA SILVA RAMOS, K.; DA SILVA, F. C. Avaliação da sustentabilidade de alternativas da utilização da vinhaça. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, v. 15, n. 1, p. 51-69, 2025.

FERREIRA, J. H. S.; MELO, C. A. D.; DE MORAES, M. F.; SILVA, I. P. F.; CHIODEROLI, C. A. Residual activity and sorption of tebutiuron in different soils. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 28, n. 2, e275280, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n2e275280>. Acesso em: 06 jul. 2026.

FRIAS, Y. A. et al. Mucuna pruriens cannot develop phytoremediation of tebutiuron in agricultural soil with vinasse: a morphometrical and ecotoxicological analysis. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 11, n. 1, p. 01-21, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1156751>. Acesso em: 30 abr. 2026.

GOMES, M. A. F. et al. Movimento do herbicida tebutiuron em dois solos representativos das áreas de recarga do aquífero Guarani. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 479-483, 2006.

GONÇALVES, P. A. S.; WERNER, H.; DEBARBA, J. F. Avaliação de biofertilizantes, extratos vegetais e diferentes substâncias alternativas no manejo de tripes em cebola em sistema orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 659-662, 2004. IBAMA. **Perfil Ambiental**: Tratamento de efluente contendo tiametoxan e avaliação da sua eficiência na redução da toxicidade. Brasília: IBAMA, 2019. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4142/1/FB_PPGEA_M_Fieira%2C%20Clarice_2019.pdf. Acesso em: 04 abr. 2026.

KHAN, S. U. **Pesticides in the soil environment**. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1980. 240 p.

KOUR, D.; RANA, K. A.; YADAV, V. et al. Biofertilizers: an ecofriendly approach for sustainable agriculture and environment. In: MEENA, Vijay Kumar et al. (ed.). **Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment**. Cham: Springer, 2020. p. 1–31.

LONGO, M. V. F.; GOMES, E. R. Fertirrigação de diferentes diluições da vinhaça em resposta ao desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. **Revista AgroFIB**, v. 5, n. 1, p. 11-42, 2025.

LOPES, P. R. M. **Ferramentas biotecnológicas sustentáveis na remediação de solos agrícolas com tebuthiuron**. 2025. 144 f. Tese (Livre-docência em Biotecnologia Ambiental e Remediação de Solos) – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Dracena, 2025. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11449/312400>. Acesso em: 04 abr. 2026.

MAIENFISCH, P. et al. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second-generation neonicotinoid. **Pest Management Science**, v. 57, n. 1, p. 906-913, 2001.

MALHAROS, L. C. et al. Produção agroecológica de mudas de maracujazeiro amarelo sob diferentes doses de biofertilizante líquido. **Revista DCS**, v. 23, n. 87, p. 45-49, 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.54899/dcs.v23i87.4549>. Acesso em: 30 abr. 2026.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. 1. ed. Brasília: Mapa/ACS, 2009.

MARCHI, J. L. de. **Avaliação da qualidade de sementes de amendoim tratadas com fungicida e inseticida, incluindo a análise de imagens**. 2010. Tese (Doutorado em Fitotecnia) — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

MARTINS, H. L. et al. Efeitos da inserção de amendoim na dinâmica do solo em áreas em pousio. **Agronomy**, v. 15, n. 4, p. 9-12, 2025.

MARTINS, R.; VICENTE, J. R. Demandas por inovação no amendoim paulista. **Informações Econômicas**, v. 40, n. 5, p. 45-62, 2010.

MASET, B. A. **Nanopesticidas à base de tiametoxam**: uma potencial alternativa para controle de pragas na agricultura. 2024. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2024.

MATSUDA, K. et al. Neonicotinoid Insecticides: Targets, Solubilities, and Risks. **Annual Review of Pharmacology and Toxicology**, v. 60, n. 1, p. 241-255, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-010818-021747>. Acesso em: 04 abr. 2026.

MATTOS, M. L. T. et al. **Thiamethoxam**: periculosidade ambiental. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. 24 p. (Documentos / Embrapa Clima Temperado, 396). Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1024339>. Acesso em: 04 abr. 2026.

MENDES, K. F.; SILVA, A. A.; MIELKE, K. C. Classificação, seletividade e mecanismos de ação de herbicidas. In: MENDES, K. F. (org.). **Plantas daninhas: herbicidas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2022.

MONTANARI, R.; SOUZA, Z. M. de; OLIVEIRA, S. R. de M. **Agricultura de precisão**: resultados de um novo olhar. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2015.

MOREIRA, B. R. de A. et al. Advancements in peanut mechanization: implications for sustainable agriculture. **Agricultural Systems**, v. 215, p. 103-182, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2024.103868>. Acesso em: 04 abr. 2026.

PAIS, A. K. L. et al. Reutilização de água residual de piscicultura na produção de biofertilizantes líquidos. **Revista Ouricuri**, v. 15, n. 1, p. 3-22, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.59360/ouricuri.vol15.i1.a22462>. Acesso em: 04 abr. 2026.

PEREIRA, J. M.; FERNANDES, P. M.; VELOSO, V. R. S. Efeito fisiológico do inseticida thiamethoxam na cultura da cana-de-açúcar. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, n. 1, p. 159-164, 2010.

PIRES, F. R. et al. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 48-73, 2003.

RAMOS, S. A utilização da vinhaça de alambique como biofertilizante. **Revista Processando o Saber**, v. 17, n. 1, p. 279–295, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15499102>. Acesso em: 10 abr. 2026.

RIBEIRO, L. A. C. **Amostragem georreferenciada em faixa para avaliação da variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área cultivada com amendoim**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Mecanização em Agricultura de Precisão) - Faculdade de Tecnologia Shunji Nishimura (FATEC), Pompéia, 2025.

ROCHA, A. M. et al. Uso de biofertilizante no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 10, n. 2, p. 92–99, 2015.

SAMPAIO, R. M. Tecnologia e inovação: evolução e demandas na produção paulista de amendoim. **Informações Econômicas**, v. 46, n. 4, p. 27-42, 2016.

SAMPAIO, R. M.; FREDO, C. E. Características socioeconômicas e tecnologias na agricultura: um estudo da produção paulista de amendoim a partir do Levantamento das Unidades de Produção Agropecuária (LUPA) 2016/17. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 1, p. e36-53, 2021.

SBCPD. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

SILVA, F. C. et al. Desempenho agrônomo e balanço de potássio em milho fertirrigado com vinhaça concentrada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 40-46, 2019.

SOTO, M. A.; BASSO, J. B.; KIANG, C. H. Impacto da fertirrigação da cana-de-açúcar por vinhaça nas propriedades físicas, químicas e hidráulicas do solo. In: SOTO, M. A. (org.). **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. Bauru: Canal 6, 2017. 275 p.

SUN, Z. et al. Detrimental effects of thiamethoxam on the physiological status, gut microbiota, and gut metabolomics profile of *Prosilocerus akamusi* chironomid larvae (Diptera: Chironomidae). **Aquatic Toxicology**, v. 283, n. 16, p. 107-167, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2025.107367>. Acesso em: 10 abr. 2026.

SYNGENTA PROTEÇÃO DE CULTIVOS. **Bula Actara 750 SG**: registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA sob nº 05313. São Paulo: Syngenta, 2023.

TATU, J. S.; SCARPELLINI, J. R.; NAKAMURA, T. Efeito do inseticida thiamethoxam na emergência e no desenvolvimento inicial de plântulas de amendoim. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 69, n. 3, p. 85-87, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1808-1657v69n3p0852002>. Acesso em: 10 abr. 2026.

TENELLI, S. et al. How do nitrogen fertilization and cover crop influence soil C-N stocks and subsequent yields of sugarcane? **Soil & Tillage Research**, v. 211, n. 23, p. 104-157, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.104999>. Acesso em: 10 abr. 2026.

TYGEL, A. et al. **Atlas de pesticidas**: fatos e dados sobre o uso dessas substâncias na agricultura. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2024. Disponível em: <https://br.boell.org/pt-br/2023/12/01/atlas-dos-agrotoxicos>. Acesso em: 10 abr. 2026.

VIEIRA, P. V. M.; FORNAZIER, A.; DELGROSSI, M. E. Análise das motivações de agricultores familiares em utilizarem biofertilizantes: uma revisão sistemática de literatura. **Desenvolvimento Regional em debate**, v. 15, n. 3, p. 365-393, 2025.

YAMAUTI, M. S. **Interferência das plantas daninhas no amendoimzeiro**: influência de períodos de convivência e controle, da densidade de plantas de amendoim e do herbicida diclosulam. 2009. 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, 2009.

ZANARDO, H. G. et al. Efeito residual de herbicidas de cana-de-açúcar comumente utilizados na pré-emergência de cultivares de amendoim in sucessão. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 8, p. 1267–1274, 2019. Disponível em: <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.755404992129611>. Acesso em: 10 abr. 2026.