

EFEITO DO HERBICIDA SOBRE A FORMAÇÃO DE FRUTOS, SEMENTES E PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS EM CAXI NO CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL

EFFECT OF HERBICIDE ON FORMATION OF FRUITS, SEEDS AND PRODUCTION OF SECONDARY METABOLITES IN CAXI IN ORGANIC AND CONVENTIONAL CULTIVATION

EFFECTO DEL HERBICIDA SOBRE LA FORMACIÓN DE FRUTOS, SEMILLAS Y PRODUCCIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS EN CAXI EN CULTIVO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL

José Carlos Pina:

Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional pelo Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. Universidade Anhanguera-Uniderp (MS). E-mail: josecarlospina@gmail.com | Orcid.org/0000-0001-5414-9386

Ademir Kleber Morbeck de Oliveira:

Professor do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. Universidade Anhanguera-Uniderp (MS). E-mail: akmorbeckoliveira@gmail.com | Orcid.org/0000-0001-9373-9573

Rosemary Matias:

Professora do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. Universidade Anhanguera-Uniderp (MS). E-mail: rosematiasc@gmail.com | Orcid.org/0000-0002-0154-1015

RESUMO:

A espécie *Lagenaria siceraria* é originaria da África e dispersa por várias regiões tropicais. O objetivo deste trabalho foi avaliar frutos, sementes e produção de metabólitos secundários em frutos obtidos em cultivo convencional utilizando herbicida e, cultivo orgânico. Os frutos foram coletados entre 45 a 75 dias de cultivo e avaliados quanto ao seu tamanho, peso, sementes e fitoquímica. Foram determinadas as principais classes de metabólitos e quantificados fenóis totais, flavonoides e carotenoides. Os resultados indicaram que o cultivo orgânico, em relação ao tamanho dos frutos, sementes e plântulas, apresentou a melhor resposta em todas as variáveis avaliadas. No sistema convencional, os frutos apresentaram maior diversidade de metabólitos, teores de compostos fenólicos e carotenoides. A utilização do herbicida afetou a produção de frutos, sementes e metabólitos.

PALAVRAS-CHAVE: Cucurbitaceae; *Lagenaria siceraria*; Olerícola não-convencional.

ABSTRACT:

The species Lagenaria siceraria is originally from Africa and dispersed in several tropical regions. The objective of this work was to evaluate fruits, seeds and production of secondary metabolites in fruits obtained in conventional cultivation using herbicide and organic cultivation. The fruits were collected between 45 and 75 days of cultivation and evaluated for their size, weight, seeds and phytochemistry. The main classes of metabolites were determined and total phenols, flavonoids and carotenoids were quantified. The results indicated that organic cultivation, in relation to the size of fruits, seeds and seedlings, presented the best response in all variables evaluated. In the conventional system, the fruits presented a greater diversity of metabolites, contents of phenolic compounds and carotenoids. The use of herbicide affected the production of fruits, seeds and metabolites.

KEYWORDS: Cucurbitaceae; *Lagenaria siceraria*; Unconventional vegetables.

RESUMEN:

La especie Lagenaria siceraria es originaria de África y se encuentra dispersa en varias regiones tropicales. El objetivo de este trabajo fue evaluar frutos, semillas y producción de metabolitos secundarios en frutos obtenidos en cultivo convencional utilizando herbicida y cultivo orgánico. Los frutos se recolectaron entre los 45 y 75 días de cultivo y se evaluaron por su tamaño, peso, semillas y fitoquímica. Se determinaron las principales clases de metabolitos secundarios y se cuantificaron los fenoles totales, flavonoides y carotenoides. Los resultados indicaron que el cultivo orgánico, en relación al tamaño de los frutos, semillas y germinación, presentó la mejor respuesta en todas las variables

evaluadas. En el sistema convencional, los frutos presentaron una mayor diversidad de metabolitos, contenidos de compuestos fenólicos y carotenoides. El uso del herbicida afectó la producción de frutos, semillas y metabolitos.

Palavras clave: Cucurbitaceae; *Lagenaria siceraria*; Verduras no convencionais.

INTRODUÇÃO

A espécie *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. (Cucurbitaceae), originária da África, atualmente está disseminada por diversas regiões tropicais (BRDAR-JOKANOVIĆ et al., 2024) e é popularmente conhecida como caxi ou cabaça (OLIVEIRA et al., 2018). Existem duas variedades principais: a doce, destinada ao consumo alimentar, e a amarga, utilizada para fins medicinais e outros usos tradicionais (OLIVEIRA et al., 2018; BRDAR-JOKANOVIĆ et al., 2024). O amargor do fruto está relacionado à presença de cucurbitacinas, triterpenoides que, ao longo do processo de domesticação, foram eliminados de determinadas variedades, tornando o caxi apropriado para o consumo humano (BRDAR-JOKANOVIĆ et al., 2024).

Os frutos imaturos das variedades doces, colhidos entre 30 e 60 dias de crescimento, apresentam polpa tenra com leve sabor adocicado, sendo utilizados no preparo de cozidos, refogados, picles e doces (MELO; TRANI, 2014). Na Índia, variedades selecionadas são consumidas de maneira similar à abobrinha (*Cucurbita pepo* L.), especialmente por populações de baixa renda, destacando-se tanto pelo sabor quanto pelo valor nutricional. As sementes também são aproveitadas como fonte alimentar, sendo ricas em aminoácidos, cálcio, ferro e magnésio (MELO; TRANI, 2014; BRDAR-JOKANOVIĆ et al., 2024). Em diversos países africanos, o fruto seco é empregado na conservação de medicamentos, enquanto diferentes partes da planta são utilizadas na medicina tradicional, atribuída à presença de flavonoides, polifenóis e outros compostos bioativos, os quais demonstram atividade cardioprotetora e cardiotônica (BRDAR-JOKANOVIĆ et al., 2024).

Contudo, a qualidade dos alimentos produzidos tem sido motivo de preocupação, pois o uso inadequado de produtos químicos pode contaminar vegetais ou alterar suas características químicas (SCORIZA et al., 2015). Nesse contexto, a aplicação de herbicidas pode impactar negativamente a produção de sementes, a formação de plântulas e a síntese de metabólitos secundários, em comparação a cultivos livres desse insumo. Tais efeitos estão relacionados a fatores como as propriedades físico-químicas dos herbicidas, as condições ambientais e o estádio fisiológico das plantas no momento da aplicação (RADCHENKO et al., 2021; TAROUCO et al., 2024). Estudos apontam que os efeitos da aplicação de herbicidas variam entre espécies vegetais, afetando culturas como soja (COMIN et al., 2018), trigo (MALALGODA et al., 2020), feijão (SIMIONATTO et al., 2021) e azevém (TAROUCO et al., 2024).

Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho foi avaliar os aspectos biométricos e fitoquímicos dos frutos de *Lagenaria siceraria*, bem como a biometria e os processos germinativos das sementes, comparando sistemas de cultivo convencional e orgânico.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de cultivo

O experimento foi conduzido em área de Cerrado, em solo classificado como Neossolo Quartzarênico órtico, localizado no município de Campo Grande - Mato Grosso do Sul, em duas áreas distintas ($-20^{\circ}26'17,64''$ S; $-54^{\circ}32'14,38''$ W; e, $-20^{\circ}26'21,65''$ S; $-54^{\circ}32'18,42''$ W), entre 20 de outubro de 2020 e 20 de fevereiro de 2021. O clima da região possui estação chuvosa e quente no verão (dezembro a março) e seca no inverno (junho a setembro), com precipitação média anual de 1.430,1 mm e temperatura média anual, 23 °C (PINHA et al., 2018).

Coleta e caracterização química do solo

As amostras de solo foram coletadas na camada superficial (0–20 cm) em ambas as áreas de estudo. Após a coleta, o solo foi seco à sombra sobre lona, destorrado manualmente e peneirado em malha de 0,2 mm, visando à realização das análises químicas e físicas subsequentes.

O pH foi determinado em solução de água destilada. Os teores de fósforo (P, em $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$) e potássio (K^+ , em $\text{cmol}.\text{dm}^{-3}$) foram quantificados pelo método Mehlich⁻¹. Os teores de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), todos em $\text{cmol}.\text{dm}^{-3}$, foram obtidos por extração com solução de KCl 1N. A matéria orgânica (em $\text{g}.\text{dm}^{-3}$) foi determinada pelo método colorimétrico, conforme descrito por Silva (2009) e Teixeira et al. (2017). As análises físicas foram conduzidas pelo método da pipeta, conforme Veiga (2011). Ao final do experimento, novas amostras de solo foram coletadas para análises complementar.

Preparação das áreas de cultivo, plantio e colheita

Os locais selecionados para o plantio estavam em pousio por um período superior a cinco anos, sendo cobertos predominantemente por gramíneas do gênero *Brachiaria* spp. e ervas espontâneas. Antes da abertura das covas ($0,25 \times 0,25 \times 0,25$ m), dispostas em espaçamento de 2×3 m, foi realizada uma gradagem pesada, com o objetivo de incorporar ao solo a vegetação existente.

No sistema de cultivo convencional, aplicou-se o herbicida Paraquat[©] na dosagem de 2 L ha⁻¹, conforme a recomendação de Rodrigues e Almeida (2018) e após o período de carência de 20 dias, procederam-se à abertura das covas, com manejo posterior das plantas daninhas por meio de capina manual. A adubação adotou o seguinte procedimento: aplicação inicial de 15 t ha⁻¹ de vermicomposto à base de resíduos do rúmen bovino, complementada com 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), na forma de sulfato de amônio, 120 kg ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅), via superfosfato simples, e 60 kg ha⁻¹ de potássio (K₂O), fornecido por cloreto de potássio. A primeira adubação de cobertura ocorreu 30 dias após a semeadura (aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N, 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg ha⁻¹ de K₂O). A segunda cobertura foi realizada aos 55 dias, com 30 kg ha⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ de K₂O, conforme Melo e Trani (2014).

Por sua vez, o sistema de cultivo orgânico não recebeu aplicações de herbicidas, fertilizantes químicos, orgânicos ou manejo mecânico ou manual de controle de plantas daninhas, mantendo-se as condições naturais da área, com a área em pousio por mais de cinco anos, atendendo aos princípios da agricultura orgânica (FORMIGA, 2023).

As sementes foram obtidas de produtores rurais do assentamento Brejão, Sidrolândia (20°55'55" Sul e 54°57'39" Oeste), Mato Grosso do Sul, com a identificação da espécie realizada no Laboratório de Plantas Medicinais da instituição. O plantio foi realizado de forma manual e utilizadas 5 sementes por cova, na profundidade de 3 cm, com desbaste após 15 dias da emergência das plantas, deixando uma planta por cova. A colheita teve início após 45 dias do plantio, prolongando-se até 75 dias, obtendo-se 35 frutos para o cultivo orgânico e 35 para o convencional.

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em campo utilizando um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dois tratamentos e 35 repetições, sendo cada fruto colhido considerado uma unidade experimental. Esse delineamento foi escolhido por garantir a aleatorização dos tratamentos entre as unidades experimentais, sem a necessidade de considerar fatores adicionais, como blocos.

Avaliação dos frutos

As características biométricas foram obtidas por meio de paquímetro digital (cm), sendo avaliados o diâmetro longitudinal, diâmetro equatorial e, calculada a circunferência. Foi considerado, para efeito de cálculo, frutos com diâmetro entre 10 e 22 cm. O peso dos frutos frescos foi obtido por balança mecânica de 2 dígitos e expresso em gramas (g), com seu volume calculado em cm³

(WEHNER et al., 2020), sendo também avaliado o número de sementes de todos os frutos.

Avaliação das sementes e formação de plântulas

Após a abertura dos frutos maduros e secos, as sementes foram removidas e classificadas conforme o sistema de cultivo utilizado (método orgânico ou convencional). Em seguida, quantificou-se o número médio de sementes por fruto, considerando-se todas as sementes presentes. Para cada semente, foram mensurados o comprimento, largura (mm) e peso médio (g). Posteriormente, realizou-se a avaliação da constituição interna das sementes, com o objetivo de classificá-las em dois grupos: Grupo 1 – Sementes inviáveis: caracterizadas pela ausência de embrião ou carência de estruturas de reserva, limitando-se à presença do tegumento externo; Grupo 2 – Sementes viáveis: apresentavam embrião e estruturas de reserva bem desenvolvidas, essenciais para garantir o potencial germinativo. A metodologia de avaliação foi adaptada da Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

A obtenção das plântulas foi realizada por meio da germinação das sementes, colocadas para germinar de acordo com procedimentos de Oliveira et al. (2018). As plântulas obtidas foram medidas quanto ao seu tamanho total (raiz e parte aérea, em mm), utilizando-se paquímetro digital, sendo posteriormente acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada (35°C), até a obtenção do peso constante, sendo pesadas em balança analítica (g), obtendo-se a massa total das plântulas, seguindo o padrão de Oliveira et al. (2018).

Análise fitoquímica

Os testes para determinação das principais classes de metabólitos secundários foram baseados nas metodologias adaptadas de Simões et al. (2017), realizados no Laboratório de Produtos Naturais da instituição, em triplicata. Os resultados, comparados e contrastados, observando-se a alteração de cor e precipitação com o extrato original (branco). A leitura das intensidades das reações de caracterização foram: 0 (reação negativa); discreta ($\pm = 5\%$); fracamente positiva ($+ = 15\%$); positiva parcial ($+\pm = 25\%$); positiva ($++ = 50\%$); fortemente positiva ($++\pm = 75\%$); e, alta intensidade ($+++ = 100\%$) (FONTOURA et al., 2015). A leitura do pH foi feita utilizando o pHmetro.

Determinação de fenóis totais e flavonoides

As análises foram realizadas de acordo com procedimentos de Do et al. (2014): (1) Compostos fenólicos totais - espectroscopia na região do visível, utilizando

o método de *Folin-Ciocalteu*, sendo construída uma curva padrão com ácido gálico, nas concentrações entre 10 a 300 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (análises em triplicata); e, (2) Flavonoides - utilizado o extrato bruto (100 mg) e como padrão, queracetina (0,5 mg mL^{-1}) para construir a curva de calibração, concentrações de 0,04; 0,2; 0,4; 2; 4; 8; 12; 16; e, 20 $\mu\text{g mL}^{-1}$. As análises foram realizadas no comprimento de onda de 420 nm, em cubetas de quartzo.

Determinação de carotenoides totais

A determinação de carotenoides foi realizada de acordo com Rodriguez-Amaya (2015). Inicialmente as polpas dos frutos foram extraídas ($5,0 \pm 0,0001$ g) por turbolize, com 100 mL de acetona resfriada (10°C) por 10 minutos. As soluções foram transferidas para bêqueres e adicionados 100 mL de solução etérea (éter de petróleo: éter etílico, 2:1) com 50 mL de solução de hidróxido de sódio 0,1 M preparada com metanol. Posteriormente, foram colocadas em funil de separação, permanecendo em repouso por 24 h na ausência de luz, temperatura de $26 \pm 5^\circ\text{C}$. Posteriormente foram retiradas alíquotas de 1 mL da camada etérea e transferidas para balões volumétricos (10 mL) envolvidos por papel alumínio, completado com éter de petróleo. A definição do comprimento de onda foi realizada por meio da varredura do extrato etéreo em espectrofotômetro a 450 nm, calibrado com éter de petróleo (99,8%).

Análise estatística

Os resultados obtidos na análise de solo foram submetidos à análise de variância e quando ocorreu significância, foi aplicado o teste de médias de *Tukey* (5% de probabilidade), por meio do software SAS - *Statistical Analysis Software* (versão 9.1.3). Os dados biométricos dos frutos e sementes foram analisados em classes de frequências, com os números de classes obtidos pela fórmula de *Sturges* e o intervalo das classes, por meio do método das variáveis contínuas. Os dados de crescimento das plântulas, massa dos frutos e biometria, além da quantificação de compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides, foram submetidos à análise de variância e quando houve significância, também aplicado o teste de *Tukey* por meio do software SAS (SAS INSTITUTE, 2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

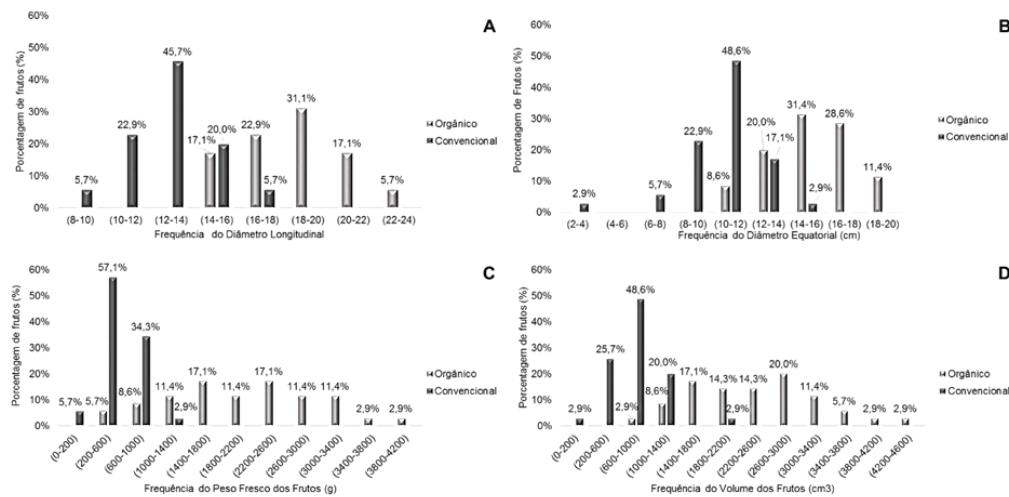
Biometria e peso dos frutos

A biometria (Figura 1) indicou que a maior parte dos frutos em cultivo convencional apresentou diâmetro longitudinal no intervalo de 12-14 cm (45,7%); somando os valores de 10-12 (22,9%) e 14-16 cm (20%), os

resultados correspondem a 88,6%. No diâmetro equatorial, os intervalos de frequência de 10-12 cm (48,6%), 8-10 cm (22,9%) e 12-14 cm (17,1%) totalizam também 88,6%, com pouca variação percentual entre os diâmetros longitudinal e equatorial.

Por outro lado, no cultivo orgânico (Figura 1) predominaram diâmetros longitudinais entre 14,0 e 24,0 cm, com os maiores valores entre 14-16 a 20-22 cm (88,2%) e ápice de 31% no intervalo de 18-20 cm. No diâmetro equatorial, valores de 10,3 a 19,0 cm, com destaque para 14-16 cm (31,4%) e 16-18 cm (28,6%), com comprimento equatorial sendo maior que o longitudinal (Figura 1, A-B). A circunferência média indicou que os frutos orgânicos são maiores (48,5 cm), em relação ao plantio convencional (32,8 cm), sendo que parte dos frutos em cultivo convencional apresentavam má formação (parcialmente murchos).

Figura 1 – Biometria do diâmetro longitudinal (2A) e equatorial (2B), peso fresco (2C) e volume (2D) dos frutos de *Lagenaria siceraria*, cultivados em sistemas orgânico e convencional, Campo Grande, Mato Grosso do Sul



Fonte: elaborado pelos autores

Em relação ao peso fresco dos frutos em cultivo convencional (Figura 1), os maiores valores ocorreram nas frequências de 200-600 g (57,1%) e 600-1000 g (34,3%), total de 91,4%. Esse padrão não se refletiu no volume, onde a frequência foi distribuída entre 200-600 cm³ (25,7%), 600-1000 cm³ (48,6%) e, 1000-1400 cm³ (20%), 94,3% do total. Dessa forma, a maior porcentagem do peso, 57,1% (200-600 g) equivale à apenas 27,7% do mesmo volume correspondente (200-600 cm³), com diferença de 31,4%, demonstrando que essa porcentagem de frutos apresentou maior volume (entre 600 e 1400 cm³) e peso reduzido.

Por outro lado, os frutos orgânicos (Figura 1) apresentaram menor variação e maior regularidade entre peso e volume, comparados aos convencionais. A maior parte apresentou peso entre 200-600 e 3000-3400 g e, 600-1000 a 3000-3400 cm³ de volume, havendo pouca variação nestes intervalos de frequência. Ocorreu um padrão entre volume e peso fresco, significativamente superior ao cultivo convencional, que apresentou apenas dois intervalos de frequência para o peso fresco, e três para o volume. Nos frutos orgânicos ocorreu uma melhor distribuição, com oito intervalos de frequência para os parâmetros avaliados.

Os resultados do diâmetro, circunferência e peso dos frutos produzidos no cultivo convencional indicaram que eles eram menores e com pequena variação de tamanho (frequência), de acordo com sua biometria, um importante instrumento para detectar a variabilidade em diferentes sistemas de cultivo, indicando os efeitos do manejo na cultura, conforme citam Campos et al. (2023). Entretanto os resultados obtidos não seriam o esperado, pois as condições edáficas no substrato convencional eram as mais adequadas ao crescimento das plantas e consequentemente, produção de frutos.

Atributos químicos e físicos do solo

O substrato do solo-base (Tabela 1) possui pH mais ácido, em comparação com o tratamento convencional e orgânico. Após o cultivo, o tratamento orgânico manteve maior acidez, enquanto o convencional apresentou pH quase neutro. Sua análise inicial também indicou maiores teores para H⁺⁺Al³⁺, que foi reduzida após o cultivo em ambos os tratamentos. Os maiores valores de CTC foram obtidos no tratamento convencional, enquanto o cultivo orgânico manteve valores similares ao solo-base. A disponibilidade inicial de nutrientes (solo-base) indica que ocorreu aumento na concentração de P, K⁺, Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ no tratamento convencional, em relação ao orgânico e o solo-base, que não apresentaram diferença significativa entre si. Os maiores valores de matéria orgânica também foram obtidos no cultivo convencional, enquanto o teor de umidade do tratamento orgânico foi superior ao convencional.

A adição de vermicomposto reduziu a acidez do solo no tratamento convencional (Tabela 1), em comparação com o solo-base e tratamento orgânico, pois este composto possui a capacidade de diminuir a acidez do substrato e a toxicidade por alumínio (FERNANDES et al., 2018). Além disto, propiciou menores valores de H⁺⁺ Al³⁺, alterando a acidez potencial. Entretanto, o cultivo orgânico também reduziu a acidez potencial, fator provavelmente relacionado ao próprio crescimento do caxi, cujo sistema radicular pode ter liberado compostos que alteraram as características edáficas. De acordo com Fernandes et al. (2018), as exsudações radiculares alteram as

condições do solo, propiciando um ambiente mais adequado ao desenvolvimento das plantas.

Os maiores valores de CTC (Tabela 1) foram obtidos no tratamento convencional devido a adubação química (Ca^{++} , Mg^{++} e K^{+}), enquanto o cultivo orgânico manteve valores similares ao solo-base, indicando problemas na manutenção de determinados íons no substrato. A adubação também aumentou a disponibilidade inicial de nutrientes, ocorrendo aumento na concentração de P, K^{+} , Ca^{++} e Mg^{++} no tratamento convencional, devido à aplicação de NPK, indicando melhores condições edáficas, o que deveria permitir o melhor desenvolvimento das plantas e frutos, o que não ocorreu.

Tabela 1 – Atributos químicos, matéria orgânica e umidade do solo-base, cultivo orgânico e convencional com *Lagenaria siceraria*, Campo Grande, Mato Grosso do Sul

Parâmetros	Solo-base	Orgânico	Convencional
pH	6,1 b	6,4 b	6,9 a
P (mg dm⁻³)	15,2 b	15,0 b	30,0 a
K⁺ (mg dm⁻³)	40,1 b	46,0 b	60,0 a
Ca⁺⁺ (cmol⁺ dm⁻³)	2,4 b	3,0 b	10,0 a
Mg⁺⁺	1,6 b	2,0 b	6,9 a
H⁺⁺Al³⁺	2,7 a	1,1 b	1,5 b
MO	20,1 b	19,0 b	41,2 a
CTC %	6,4 b	6,9 b	18,6 a
Umidade (%)		11,0 a	7,1 b

Fonte: Elaborado pelos autores

Os maiores valores de matéria orgânica também foram obtidos no cultivo convencional (Tabela 1) devido a adição de vermicomposto, pois o tipo de fertilização exerce influência sobre os teores de matéria orgânica do solo (FERNANDES et al., 2018). O teor de umidade do substrato, tratamento orgânico, foi superior ao convencional, fator provavelmente relacionado a presença de gramíneas e ervas, que cobriam o solo após o cultivo, diminuindo os processos de evaporação. Por outro lado, no plantio convencional, devido ao manejo das ervas daninhas por meio da capina, ocorreu menor teor de umidade no solo. De acordo com Fernandes et al. (2018), a matéria orgânica afeta a principal característica física do solo (agregação) e influencia indiretamente na porosidade e capacidade de retenção de água, além de amenizar a temperatura do solo nos períodos mais quentes, proporcionando condições mais estáveis.

Apesar das melhores condições edáficas, os frutos obtidos no tratamento convencional não se destacaram. Deste modo, os resultados obtidos indicaram que durante o desenvolvimento, em algum momento, pode ter ocorrido algum tipo de estresse que tenha ocasionado menor crescimento dos frutos no cultivo convencional. Por outro lado, o cultivo orgânico resultou em frutos maiores, com maior diversidade de tamanhos. A formação inadequada dos frutos pode estar relacionada a presença de resíduos químicos no solo, que afetaram negativamente o desenvolvimento das estruturas reprodutivas, afetando a translocação de solutos. Assim, a dose de 2,0 L ha⁻¹ de Paraquat© (herbicida sistêmico não seletivo) pode ter interagido com as plantas, levando a alterações no seu crescimento. De acordo com Rodrigues e Almeida (2018), um dos mecanismos de ação deste herbicida é o dano aos sistemas de translocação entre os órgãos, resultando em má formação dos frutos e queda na produção e peso, impactando o rendimento da cultura.

Dias e Fleck (1982) afirmam que o Paraquat© depende unicamente dos cátions, que são muito solúveis em água e fortemente adsorvidos pelas partículas, apresentando propriedades de cátions de troca. Porém, segundo Rodrigues e Almeida (2018), somente em solos muito arenosos e com doses excessivas, há possibilidade de existirem cátions livres a serem absorvidos pelas plantas a ponto de lhes causarem fitotoxicidade. Levando-se em consideração que o tipo de solo onde foi conduzido o experimento é um Neossolo Quartzarênico, a dose utilizada e o período de carência (20 dias) podem ter contribuído para o desenvolvimento anormal dos frutos devido a absorção dos cátions livres pela planta. No entanto, não foram encontrados relatos na literatura de sua ação em frutos, fato este a ser investigado. Porém é conhecido que os herbicidas podem ter efeitos sobre diversos organismos. Scoriza et al. (2015) relataram que os produtos utilizados influenciaram negativamente na biota de invertebrados do solo, quando aplicados duas vezes na área, em doses de 0,4 L ha⁻¹ (*Mesotrione* - seletivo), 1,0 L ha⁻¹ (*Fluazifop-P-butyl* - sistêmico seletivo), e 1,5 L ha⁻¹ (*Nicosulfuron* - sistêmico seletivo), salientando que a aplicação de maneira inadequada pode causar impactos negativos ao ambiente.

Quantificação das sementes e formação de plântulas

O cultivo orgânico apresentou desempenho superior ao sistema convencional em diversos aspectos quantitativos e qualitativos relacionados às sementes e plântulas. No cultivo orgânico, o número total de sementes produzidas foi significativamente maior ($n = 13.376$ sementes), representando um aumento de 64,2% em relação ao cultivo convencional ($n = 4.787$ sementes). A taxa de viabilidade das sementes também foi superior no sistema orgânico (63,4%) em comparação ao convencional (56,4%), resultando em uma diferença absoluta

de sete pontos percentuais, o que evidencia uma maior proporção de sementes viáveis no cultivo orgânico.

No aspecto morfológico (Tabela 2), as sementes provenientes do cultivo orgânico apresentaram valores mais elevados quanto ao peso (49,0 g), comprimento (15,9 cm) e largura (9,4 cm), enquanto as sementes do sistema convencional apresentaram 11,5 g, 12,1 cm e 7,3 cm, respectivamente. Essas diferenças correspondem a aumentos de 76,5% no peso, 23,9% no comprimento e 22,3% na largura. Essas características refletiram-se diretamente no desempenho inicial das plântulas, com as oriundas do cultivo orgânico apresentando maior comprimento (20,8 mm) e massa seca (2,0 g), enquanto as plântulas obtidas do cultivo convencional apresentaram 16,2 mm e 1,6 g, respectivamente. Isso representa um acréscimo de 22,1% no comprimento e 20,0% na massa seca.

Tabela 2 – Biometria (média) de sementes viáveis e plântulas de *Lagenaria siceraria* em cultivo orgânico e convencional, Campo Grande, Mato Grosso do Sul

	Orgânico	Convencional	Diferença (%)
Peso sementes (g)	49,0 a	11,5 b	76,5
Comprimento sementes (cm)	15,9 a	12,1 b	23,9
Largura sementes (cm)	9,4 a	7,3 b	22,3
Comprimento plântulas (mm)	20,8 a	16,2 b	22,1
Massa seca plântulas (g)	2,0 a	1,6 b	20,0

Fonte: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente, Teste de Tukey ($p>0,05$). Fonte: os autores.

Embora as condições ambientais gerais — como clima, manejo e irrigação — tenham sido semelhantes entre os sistemas de cultivo, as características edáficas, especialmente em relação à fertilidade e composição do solo, emergiram como o principal fator diferenciador. Tal observação é corroborada por Pathak (2023), que demonstrou que a aplicação de biofertilizantes promove melhorias significativas no crescimento, produtividade e fertilidade do solo em *Lagenaria siceraria*, evidenciando a importância de um solo biologicamente ativo para a produção de sementes de qualidade.

No presente estudo, os dados obtidos indicaram que o cultivo orgânico proporcionou não apenas maior produtividade de sementes, mas também superioridade em termos de qualidade fisiológica e vigor das plântulas — atributos essenciais para o estabelecimento inicial da cultura e fundamentais em programas de produção de sementes. Segundo Krause et al. (2025), os sistemas orgânicos contribuem significativamente para a manutenção da integridade genética e fisiológica das sementes, além de favorecerem a

conservação da microbiota edáfica, aspecto que influencia diretamente na saúde do solo e, por conseguinte, na qualidade das sementes produzidas.

Em contraste, observou-se que o sistema de cultivo convencional, embora conduzido em solo com menor acidez e maior fertilidade química, não resultou em melhor desempenho das plântulas. Uma possível explicação para esse resultado é a presença de resíduos de herbicidas no solo, que podem apresentar efeitos fitotóxicos, conforme relatado por Rodrigues e Almeida (2018),

As sementes oriundas do cultivo convencional apresentaram menor peso e diâmetro, o que pode indicar menor acúmulo de reservas energéticas. Segundo Krzyzanowski et al. (2020), o vigor das sementes está diretamente relacionado à eficiência na mobilização de reservas, processo essencial para o estabelecimento inicial das plântulas sob diferentes condições ambientais. Os autores reforçam que, para diversas espécies, o peso e o tamanho das sementes são bons indicadores da qualidade fisiológica, sendo sementes mais pesadas frequentemente associadas a maior potencial germinativo e desenvolvimento inicial mais robusto.

O desempenho inferior das plântulas em sistema convencional parece decorrer de alterações de natureza física, fisiológica e bioquímica nas sementes, comprometendo a mobilização e utilização das reservas endógenas. Tais alterações afetam diretamente o crescimento inicial das plântulas, comprometendo o sucesso do estabelecimento da cultura.

Características químicas da polpa dos frutos

A maior concentração de compostos fenólicos, reconhecidos por sua atividade antioxidante e função de proteção contra patógenos e insetos, foi observada no cultivo convencional. A presença desses compostos em frutos de caxi já havia sido relatada por Panchal et al. (2012), sendo os resultados provavelmente influenciados pelas condições edáficas durante o desenvolvimento dos frutos. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os ácidos orgânicos podem atuar como precursores no metabolismo de compostos fenólicos; além disso, o pH mais ácido observado no cultivo convencional pode ter favorecido a maior formação desses compostos.

Considerando que cucurbitáceas são culturas de sensibilidade moderada a determinados herbicidas (WILLIS; PUTNAM, 1986), sugere-se que a não seletividade dos produtos aplicados tenha afetado processos de absorção, translocação e metabolização de compostos químicos. Essa interferência, associada às condições ambientais do solo, pode ter resultado em maior produção de carotenoides no cultivo convencional.

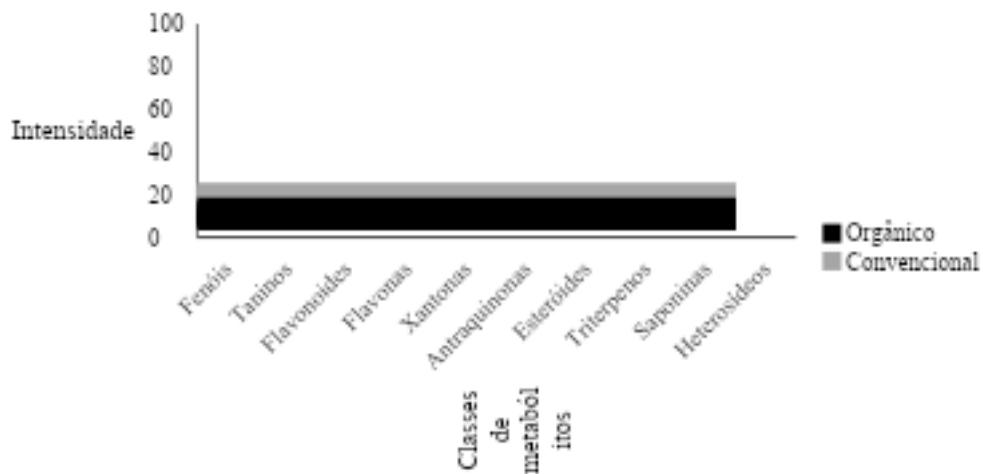
Entre esses metabólitos, destacam-se os terpenos e compostos fenólicos, ambos abundantes nos dois sistemas. Esses metabólitos são conhecidos por conterem

diversos constituintes bioativos, como a vitamina D e esteroides, e por sua capacidade de inibir a oxidação lipídica e proliferação de fungos, além de proteger contra radiação ultravioleta e ataque de insetos (SIMÕES et al., 2017).

Os flavonoides, também detectados em alta intensidade em ambos os cultivos, apresentam diversas propriedades farmacológicas, como atividade antimicrobiana e anti-inflamatória (SILVA; BIESKI, 2018). Trabalhos anteriores relatam a presença de flavonoides em outras Cucurbitaceae, como *Lagenaria siceraria* (GHULE et al., 2009) e *Trichosanthes kirilowii* Maxim (XU et al., 2012).

Em relação aos metabólitos secundários, foram detectadas nove classes no cultivo orgânico e onze no cultivo convencional (Figura 2).

Figura 2 – Classes de metabólitos secundários em frutos de *Lagenaria siceraria* cultivada em sistema convencional e orgânico, Campo Grande, Mato Grosso do Sul



Fonte: Elaboração dos autores.

Outros metabólitos detectados em baixa intensidade foram taninos, flavonas, xantonas, esteroides e heterosídeos cardioativos. Taninos, esteroides (SHYAUŁA; MANANDHAR, 2021) e flavonas (OLENNIKOV; KASHCHENKO, 2023) já foram relatados em espécies da família. No entanto, para xantonas e heterosídeos cardioativos, não foram encontrados registros em cucurbitáceas. Vale ressaltar que, embora heterosídeos possam reforçar a atividade cardíaca, seu uso inadequado pode resultar em efeitos tóxicos, como inotropismo negativo (SIMÕES et al., 2017).

Antraquinonas e saponinas foram detectados em alta intensidade exclusivamente no cultivo convencional. Essa produção pode ter sido induzida pela presença de resíduos de herbicidas no solo, como o Paraquat®, conhecido

por alterar o transporte de elétrons e gerar espécies reativas de oxigênio, ativando defesas fisiológicas (NAZISH et al., 2022). Embora antraquinonas não sejam comumente encontradas em frutos de *L. siceraria* (ZAAOUT et al., 2023), sua presença já foi relatada em outras Cucurbitaceae (SHYAULA; MANANDHAR, 2021).

Apesar da ausência de estudos que comprovem diretamente a relação entre o uso de Paraquat® e a produção de antraquinonas e saponinas em cucurbitáceas, SHAKEEL et al. (2025) propõem duas hipóteses: (1) a ativação da biossíntese de triterpenos, como cucurbitacinas, que pode favorecer a produção de saponinas; e (2) a alteração da permeabilidade das membranas celulares, dificultando a entrada de compostos tóxicos e promovendo a produção de metabólitos de defesa.

A polpa dos frutos (Tabela 3) apresentou pH tendendo à neutralidade (6,5) no cultivo convencional e pH neutro (7,0) no cultivo orgânico, com diferença estatisticamente significativa [F (5%) = 9520,17**; $p < 0,0001$]. Esses resultados indicam baixa concentração de ácidos orgânicos na polpa. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o pH dos produtos olerícolas está diretamente relacionado à presença de ácidos dissolvidos nos vacúolos celulares, influenciando características sensoriais como sabor, cor e aroma. Em frutos como o caxi, que ao amadurecer exibe cor verde e aroma pouco expressivo, a menor acidez é compatível com essas características. Normalmente, o pH tende a diminuir durante o amadurecimento, funcionando como um indicador de maturação. No presente estudo, o estresse potencialmente causado pela presença de resíduos de herbicidas pode ter abreviado o processo de maturação no cultivo convencional, refletindo-se nos valores de pH observados.

Tabela 2 – Valores médios de pH (Potencial hidrogeniônico), carotenoides totais, compostos fenólicos totais e flavonoides em frutos tenros de *Lagenaria siceraria* cultivados em Neossolo Quartzarênico, sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul

	pH	Carotenoides totais	Compostos fenólicos	Flavonoides
Convencional	6,5 b	170 a	110 a	64.6 a
Orgânico	7,0 a	130 b	102 b	64.3 a
Desvio Padrão	0,008	1.613	0,063	3,783
CV (%)	0,114	1.074	0,060	5,872
DMS (5%)	0,0113	2.353	0,144	8,577
Teste F	9520,17**	1507,53**	23485,03**	0,01 NS
P-valor	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,9142

Fonte: *Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si (teste de Tukey a 5% de probabilidade - $p < 0,05$). p -valor = Probabilidade associada ao Teste F (nível de

5%); DMS (5%) = diferença mínima significativa ao nível de 5% de significância. Fonte: os autores. CV = coeficiente de variação; NS = não significativo; ** - significativo.

Em relação aos carotenoides (Tabela 3), a concentração foi superior no cultivo convencional ($170 \mu\text{g g}^{-1}$) em comparação ao cultivo orgânico ($130 \mu\text{g g}^{-1}$), diferença também estatisticamente significativa [$F (5\%) = 1507,53^{**}$; $p < 0,0001$]. Embora seja comum o cultivo orgânico apresentar maiores teores de carotenoides (PINHO et al., 2011; CATUNDA et al., 2005), os resultados deste experimento divergem dessa tendência. Catunda et al. (2005) relataram que o uso de Paraquat® resultou em menores teores de carotenoides em relação a plantas controle. No entanto, Martins (2013) esclarece que, embora o Paraquat® atue induzindo estresse oxidativo e a produção de radicais livres, ele não é descrito como inibidor direto da biossíntese de carotenoides, o que pode explicar a manutenção de teores elevados no presente estudo.

A quantificação de compostos fenólicos (Tabela 3) revelou maior concentração no cultivo convencional ($110 \text{ mg EAG 100 g}^{-1}$) em comparação ao cultivo orgânico ($102 \text{ mg EAG 100 g}^{-1}$), com diferença estatisticamente significativa [$F (5\%) = 23.485,03^{**}$; $p < 0,0001$]. Por outro lado, a concentração de flavonoides (Tabela 3) foi ligeiramente superior no cultivo orgânico ($64,6 \text{ mg mL}^{-1}$) em comparação ao convencional ($64,3 \text{ mg mL}^{-1}$), mas sem diferença estatística significativa [$F (5\%) = 0,01\text{NS}$; $p = 0,9142$]. Esses resultados reforçam que as condições edáficas influenciam a síntese de metabólitos secundários nas plantas. De forma semelhante, Savi et al. (2017) observaram maior teor de flavonoides em frutas e hortaliças cultivadas organicamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstraram que o sistema de cultivo orgânico de *Lagenaria siceraria* proporcionou desempenho superior em parâmetros biométricos de frutos, qualidade fisiológica de sementes e vigor de plântulas, mesmo sob condições edáficas menos favoráveis. A ausência de insumos químicos foi determinante para o incremento da qualidade morfofisiológica, enquanto o cultivo convencional, apesar da maior diversidade de metabólitos e teores elevados de fenóis e carotenoides, apresentou limitações no desenvolvimento reprodutivo, possivelmente associadas à aplicação de herbicidas.

Conclui-se que o manejo orgânico constitui estratégia eficaz para a produção de frutos e sementes de alta qualidade, favorecendo práticas agrícolas sustentáveis e a conservação dos atributos edáficos. A utilização de métodos convencionais, especialmente com aplicação de herbicidas, demanda avaliação criteriosa quanto aos impactos sobre a fisiologia vegetal e a qualidade dos produtos. Recomenda-se a ampliação de estudos que correlacionem práticas de

manejo, características edafoclimáticas e síntese de metabólitos secundários em espécies olerícolas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Mestrado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de produtividade (PQ1C e PQ2). Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq e à Universidade Anhanguera-Uniderp pelo apoio ao grupo de pesquisa.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária. Mapa/ACS, 2009.

BRDAR-JOKANOVIĆ, M.; LJEVNAIĆ-MAŠIĆ, B.; LÓPEZ, M. D.; SCHOEBITZ, M.; MARTORELL, M.; SHARIFI-RAD, J. A comprehensive review on *Lagenaria siceraria*: botanical, medicinal, and agricultural frontiers. **Nutrire**, v. 49, n. 24, 2024. <https://doi.org/10.1186/s41110-024-00266-7>

CAMPOS, T. S.; SOUZA, A. M. B.; VIEIRA, G. R.; PIVETTA, K. F. L. Aspectos biométricos dos frutos e diásporos de *Mauritia flexuosa* provenientes do Cerrado brasileiro. **Ciência Florestal**, v. 33, n. 1, e66896, 2023. <https://doi.org/10.5902/1980509866896>

CATUNDA, M. G.; FREITAS, S. P.; OLIVEIRA, J. G.; SILVA, C. M. M. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (*Annanas comosus*). **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 115-121, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000100014>

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

COMIN, R. C.; MENEGHELLO, G. E.; FRANCO, J. J.; LEVIEN, A. M.; KEHL, K.; COMIN, G. C. Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas à dessecação em pré-colheita. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 4, p. 112-120, 2018. <https://doi.org/10.5747/ca.2018.v14.n4.a254>

DIAS, C. A.; FLECK, N. G. Efeitos dos herbicidas *Glyphosate* e *Paraquat*, aplicados ao solo, sobre a emergência de feijão e soja e de algumas espécies daninhas. **Planta Daninha**, n. 1, v. 5, p. 23-34, 1982. <https://doi.org/10.1590/S0100-83581982000100004>

DO, Q. D.; ANGKAWIJAYA, A. E.; TRAN-NGUYEN, P. L.; HUYNH, L. H.; SOETAREDJO, F. E.; ISMADJI, S.; JU, Y. H. Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 22, n. 3, p. 296-302, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfda.2013.11.001>

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. **Nutrição mineral de plantas**. 2ed. Viçosa, SBCS, 2018.

FONTOURA, F. M.; MATIAS, R.; LUDWIG, J.; OLIVEIRA, A. K. M.; BONO, J. A. M.; MARTINS, P. F. R. B.; CORSINO, J.; GUEDES, N. M. R. Seasonal effects and antifungal activity from bark chemical constituents of *Sterculia apetala* (Malvaceae) at Pantanal of Miranda, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 3, p. 283-292, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201500011>

FORMIGA, S. S. **Agricultura orgânica**: Um guia prático para plantar de forma sustentável. Joinville: Clube de Autores, 2023.

GHULE, B. V.; GHANTE, M. H.; SAOJI, A. N.; YEOLE, P. G. Antihyperlipidemic effect of the methanolic extract from *Lagenaria siceraria* Stand. fruit in hyperlipidemic rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 124, n. 2, p. 333-337, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.04.040>

KRAUSE, H.-M.; MUELLER, R. C.; LORI, M.; MAYER, J.; MÄDER, P.; HARTMANN, M. Organic cropping systems alter metabolic potential and carbon, nitrogen and phosphorus cycling capacity of soil microbial communities. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 200, p. 1-13, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2025.109737>

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; MARCOS FILHO, J.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 2020.

MALALGODA, M.; OHM, J-B.; RANSOM, J. K.; HOWATT, K.; SIMSEK, S. Effects of pre-harvest glyphosate application on spring wheat quality characteristics. **Agriculture**, v. 10, n. 111, p. 1-16, 2020. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13330>

MARTINS, T. Herbicida *Paraquat*: conceitos, modo de ação e doenças relacionadas. **Semina. Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 34, n. 2, p. 175-186, 2013. <https://doi.org/10.5433/1679-0367.2013v34n2p175>

MELO, A. M. T.; TRANI, P. E. Cabaça: *Lagenaria siceraria* (Molina) Standley. In: AGUIAR, A. T. E.; GONÇALCES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S.; CASTRO, C. E. F. (Eds.). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7ed. Campinas: IAC, 2014. p. 80-84.

NAZISH, T.; HUANG, Y. J.; ZHANG, J.; XIA, J. Q.; ALFATIH, A.; LUO, C.; CAI, X. T.; XI, J.; XU, P.; XIANG, C. B. Understanding paraquat resistance mechanisms in *Arabidopsis thaliana* to facilitate the development of paraquat-resistant crops. **Plant Communications**, v. 3, n. 3, p. 100321, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2022.100321>

OLENNIKOV, D. N.; KASHCHENKO, N. I. New Flavonoids from *Cucumis sativus*. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 59, n. 4, p. 651- 654, 2023. <http://dx.doi.org/10.1007/s10600-023-04079-4>

OLIVEIRA, A. K. M.; PINA, J. C.; RAMOS, T. C. P. M.; MATIAS, R. Germinação de sementes e formação de plântulas de *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl em diferentes temperaturas e substratos. **Gaia Scientia**, v. 12, p. 170-179, 2018. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2018v12n2.27999>

PANCHAL, C. V.; SAWALE, J. A.; POUL, B. N.; KHANDELWAL, K. R. Hepatoprotective activity of *Lagenaria siceraria* (Molina) standley fruits against paracetamol induced hepatotoxicity in mice. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 4, p. 371-377, 2013. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.4\(1\).371-77](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.4(1).371-77)

PATHAK, M.; DASH, S. K.; SAHU, G. S.; TRIPATHY, P.; MOHANTY, S.; NAYAK, R. K.; MISHRA, A. Response of bottle gourd (*Lagenaria siceraria* (Mol.) Standl.) to integrated nutrient management. **International Journal of Environment and Climate Change**, v. 13, n. 1, p. 244-254, 2023. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i11979>

PINA, J. C.; OLIVEIRA, A. K. M.; MATIAS, R.; SILVA, F. Influência de diferentes substratos na produção de fitoconstituintes de *Moringa oleifera* Lam. cultivada a pleno sol. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1076-1087, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/198050983394>

PINHO, L.; ALMEIDA, A. C.; COSTA, C. A.; PAES, M. C. D.; GLÓRIA, M. B. A.; SOUZA, R. M. Nutritional properties of cherry tomatoes harvested at different times and grown in an organic cropping. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 205-211, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000200012>

RADCHENKO, M. P.; PONOMAREVA, I.; POZYNYCH, I.; MORDERER, Y. Stress and use of herbicides in field crops. **Agricultural Science and Practice**, v. 8, n. 3, p. 50-70, 2021. <https://doi.org/10.15407/agrisp8.03.050>

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 7ed. Londrina: UFV, 2018.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Food carotenoids**: Chemistry, biology, and technology. New Jersey: Wiley-Blackwell, 2015.

SAS Institute Inc. **SAS 9.1.3 Help and Documentation**. Cary: SAS Institute, 2025. Disponível em: https://www.sas.com/pt_br/software/stat.html. Acesso em: 27 mar. 2025.

SAVI, P. R. S.; SANTOS, L.; GONÇALVES, A. M.; BIESEK, S.; LIMA, C. P. Análise de flavonoides totais presentes em algumas frutas e hortaliças convencionais e orgânicas mais consumidas na região Sul do Brasil. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 12, n. 1, p. 275-287, 2017. <https://doi.org/10.12957/demetra.2017.22391>

SCORIZA, R. N.; SILVA, A. P.; CORREIA, M. E. F.; LELES, P. S. S.; RESENDE, A. S. Efeito de herbicidas sobre a biota de invertebrados do solo em área de restauração. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1576-1584, 2015. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20150096>

SHAKEEL, A.; NOOR, J. J.; JAN, U.; GUL, A.; HANOO, Z.; ASHRAF, N. Saponins, the Unexplored Secondary Metabolites in Plant Defense: Opportunities in Integrated Pest Management. **Plants**, v. 14, n. 6, p. 861, 2025. <https://doi.org/10.3390/plants14060861>

SILVA, F. C. (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ed. Brasília: Embrapa Solos, 2009. 627p.

SILVA, S. G.; BIESKI, G. C. A importância medicinal dos flavonoides na saúde humana, com ênfase na espécie *Arrabidaea chica* (Bonpl.) B. Verl. **Revista Saúde Viva Multidisciplinar**, v. 1, n. 1, p. 17-27, 2018.

SIMIONATTO, T.; RODRIGUES, A. P. D'A. C.; COSTA, D. A. D.; BORTOLLI, B. B.; PEREIRA, S. H.; COELHO, A. F. Quality of black bean seeds submitted to pre-harvest desiccation by different active principles and application times. **Ensaio e Ciência**, v. 25, n. 3, p. 322-327, 2021. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2021v25n3p322-327>

SHYULA, S. L.; MANANDHAR, M. D. Secondary metabolites of Cucurbitaceae, occurrence, structure and role in human diet. In: SHYULA, S. L.; BAJRACHARYA, G. B.; GOPAL, K. C.; SHAKYA, S. M.; SUBBA, D. (Eds.). **Comprehensive Insights in Vegetables of Nepal**. Lalitpur: NAST, 2021. p. 235-388.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Orgs.). **Farmacognosia**: do produto natural ao medicamento. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAROUCO, P. C.; ULGUIM, A. R.; NOHATTO, M. A.; MANICA-BERTO, R.; AVILA, L. A.; SENSEMAN, S. A.; AGOSTINETTO, D. Antioxidant detoxification system of wheat and ryegrass plants subjected to various herbicides. **Ciência Rural**, v. 54, n. 7, e20230132, 2024. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20230132>

TEIXEIRA, P. C.; DOGAGEMA, G. K.; FONTANA, TEIXEIRA, W. G. (Eds.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 574p.

VEIGA, M. **Metodologia para Coleta de Amostras e Análises Físicas do Solo**. Florianópolis: Epagri, 2011. 52p. Boletim Técnico, 156.

WEHNER, T. C.; NAEGELE, R. P.; MYERS, J. R.; DHILLON, N. P. S.; CROSBY, K. **Cucurbits**. 2. ed (Crop Production Science in Horticulture Book 6). EU: CABI, 2020.

WILLIS, M. D.; PUTNAM, A. R. Absorption and translocation of ¹⁴C-Ethalfluralin in cucumber (*Cucumis sativus*). **Weed Science**, v. 34, p. 13-16, 1986.

XU, Y.; CHEN, G.; LU, X.; LI, Z. Q.; SU, S. S.; ZHOU, C.; PEI, Y. H. Chemical constituents from *Trichosanthes kirilowii* Maxim. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 43, p. 114-116, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2012.03.002>

ZAATOUT, H. H.; ALSHAIKH, N. S.; SALLAM, S.; HAMMODA, H. Phytochemical and biological activities of *Lagenaria siceraria*: an overview. **Egyptian Journal of Chemistry**, v. 66, n. 10, p. 479-495, 2023. DOI: 10.21608/ejchem.2023.182665.7373