

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

Tatiana de Grande Pavarina

**Efeito de óleos essenciais de alecrim-pimenta, canela e
citronela em ação antifúngica e na qualidade de sementes
de abóbora.**

Dracena

2026

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

Tatiana de Grande Pavarina

**Efeito de óleos essenciais de alecrim-pimenta, canela e
citronela em ação antifúngica e na qualidade de sementes
de abóbora.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas do
Câmpus de Dracena - UNESP, como parte das
exigências para graduação em Engenharia Agrônômica.

Orientadora: Profa. Dra. Pâmela Gomes Nakada-Freitas

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: "Efeito de óleos essenciais de alecrim-pimenta, canela e citronela em ação antifúngica e na qualidade de sementes de abóbora."

Modalidade: Trabalho de **Atividades de pesquisa**

Autor: **Tatiana De Grande Pavarina**

Orientador (a): Profa. Dra. Pâmela Gomes Nakada-Freitas

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: ____/____/____

Pâmela G. N. Freitas Caroline S.B. Bonini Melissa Alexandre Santos

Profa. Dra. Pâmela Gomes
Nakada-Freitas

Profa. Dra. Carolina dos
Santos Batista Bonini

Profa. Dra. Melissa
Alexandre Santos

DEDICATÓRIA

À Deus, minha família de sangue, minha família universitária, a nona turma da engenharia agrônoma, a minha família da vida, por todo carinho, apoio, gentileza, aprendizado e vivência desses anos.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof.^a Dra. Pâmela Gomes Nakada-Freitas, por todo o conhecimento compartilhado, pelas conversas, conselhos e, principalmente, por sempre acreditar no meu potencial. Agradeço pelas oportunidades oferecidas, que foram fundamentais para meu crescimento pessoal, acadêmico e profissional ao longo desta jornada.

A todos os professores, pela contribuição na minha formação, pelo compromisso com o ensino e pelo incentivo constante ao desenvolvimento crítico e científico. Aos colaboradores e técnicos da UNESP – Câmpus de Dracena, pelo apoio essencial na condução dos experimentos e pela disponibilidade em auxiliar sempre que necessário.

Aos meus pais, por todo o amor, apoio incondicional, paciência e por nunca deixarem de acreditar em mim, mesmo nos momentos mais desafiadores. À minha família, por compreender minhas ausências, celebrar minhas conquistas e caminhar ao meu lado em cada etapa dessa trajetória.

À minha querida família unespiana, construída ao longo desses anos, pelas amizades, aprendizados, risadas, desafios superados e por tornar essa caminhada mais leve e significativa. Agradeço à UNESP por tudo o que me proporcionou: as experiências acadêmicas, profissionais e pessoais que moldaram quem sou hoje, bem como pelos “presentes” deste final de graduação, que levarei comigo para toda a vida.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa de Iniciação Científica, fundamental para o desenvolvimento deste trabalho e para minha formação acadêmica e científica.

Por fim, à Safira, minha fiel companheira de quatro patas, que esteve presente nos momentos de cansaço, ansiedade e alegria, oferecendo amor, conforto e leveza nos dias mais difíceis.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

“A Javé pertence a terra e tudo o que ela contém, o mundo e os que nele habitam.” (BIBLIA, Salmos 24:1).

RESUMO

A qualidade sanitária e fisiológica das sementes exerce influência direta no estabelecimento das culturas agrícolas. Nesse contexto, os óleos essenciais surgem como uma alternativa sustentável aos produtos químicos utilizados no tratamento de sementes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*) e citronela (*Cymbopogon citratus*) em diferentes concentrações sobre a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de abóbora paulista. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×5 , composto por três óleos essenciais e cinco concentrações (0; 0,1; 0,5; 0,7 e 1,0%), com quatro repetições. Foram avaliadas a primeira contagem de germinação, germinação final, plântulas anormais, sementes mortas, comprimento da parte aérea, comprimento de raiz, comprimento de plântula, massa seca e sanidade das sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de Tukey e análise de regressão a 5% de probabilidade. Os resultados demonstraram que os óleos essenciais influenciaram de forma distinta a qualidade fisiológica das sementes. O óleo essencial de citronela apresentou os melhores resultados para germinação final nas maiores concentrações, enquanto o óleo de canela apresentou redução da germinação em concentrações elevadas, indicando possível efeito fitotóxico. O óleo de alecrim-pimenta favoreceu o vigor inicial das sementes, aumentando a primeira contagem de germinação. Conclui-se que os óleos essenciais apresentam potencial para utilização no tratamento de sementes de abóbora, porém a eficiência depende da espécie vegetal e da concentração utilizada.

Palavras-chave: *Cucurbita moschata* Duch.. Tratamento de sementes. Controle alternativo. Agricultura sustentável. Qualidade fisiológica.

ABSTRACT

The sanitary and physiological quality of seeds directly influences crop establishment. In this context, essential oils have emerged as a sustainable alternative to chemical products used in seed treatment. The objective of this study was to evaluate the effect of rosemary pepper (*Lippia sidoides*), cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*), and citronella (*Cymbopogon citratus*) essential oils at different concentrations on the physiological and sanitary quality of pumpkin seeds. The experiment was conducted in a completely randomized design in a 3 × 5 factorial arrangement, consisting of three essential oils and five concentrations (0, 0.1, 0.5, 0.7, and 1.0%), with four replications. The evaluated variables were first germination count, final germination, abnormal seedlings, dead seeds, shoot length, root length, seedling length, dry mass, and seed health. Data were subjected to analysis of variance, Tukey's test, and regression analysis at a 5% probability level. The results showed that the essential oils differently affected seed physiological quality. Citronella essential oil showed the best results for final germination at higher concentrations, whereas cinnamon oil reduced germination at higher concentrations, suggesting possible phytotoxic effects. Rosemary pepper oil improved seed vigor by increasing the first germination count. It was concluded that essential oils have potential for use in pumpkin seed treatment; however, their effectiveness depends on plant species and concentration.

Keywords: *Cucurbita moschata* Duch.. Seed treatment. Alternative control. Sustainable agriculture. Physiological quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Óleos essenciais de alecrim-pimenta, canela, citronela.....	26
Figura 2 - Tween 20%.....	27
Figura 3 - Sementes nuas de abóbora paulista.....	27
Figura 4 - Montagem das soluções para o tratamento das sementes.....	29
Figura 5 - Medindo o pH, condutividade elétrica das soluções.....	29
Figura 6 - Montagem para o tratamento das sementes.....	30
Figura 7 - Escoamento da solução e preparação para a montagem dos testes de germinação.....	30
Figura 8 - Montagem dos testes de germinação.....	31
Figura 9 - Separação dos testes de germinação.....	32
Figura 10 - Primeira contagem de germinação (4 dias).....	32
Figura 11 - Segunda contagem de germinação (8 dias).....	33
Figura 12 - Comprimento de raiz e parte aérea de plântulas.....	33
Figura 13 - Primeira contagem de germinação de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais comparados dentro de cada concentração.....	36
Figura 14 - Primeira contagem de germinação de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais em diferentes concentrações.....	36
Figura 15 - Contagem final de germinação de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais comparados dentro de cada concentração.....	38
Figura 16 - Porcentagem de germinação de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais em diferentes concentrações.....	39
Figura 17 - Comprimento de parte aérea (cm) de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais comparados dentro de cada concentração.....	40
Figura 18 - Comprimento de raiz primária (cm) de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais comparados dentro de cada concentração.....	41
Figura 19 - Comprimento de plântula (cm) de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais comparados dentro de cada concentração.....	42
Figura 20 - Massa seca (mg) de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais comparados dentro de cada concentração.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Concentrações dos óleos essenciais de alecrim-pimenta, canela e capim citronela em 50 mL de solução	28
Tabela 2 - Incidência de <i>Aspergillus flavus</i> spp. em sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais em concentrações, comparados na interação entre os fatores.....	44
Tabela 3 - Incidência de <i>Penicillium</i> spp. em sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais em concentrações, comparados na interação entre os fatores	45
Tabela 4 - Incidência de <i>Fusarium</i> spp. em sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais em concentrações, comparados na interação entre os fatores	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivo Específicos	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 Abóbora Paulista e Tratamento de Sementes	15
3.2 Potencial do tratamento de sementes com óleo essencial	17
3.3 Óleos Essenciais	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 Local de condução do experimento	26
4.2 Material	26
4.3 Preparo dos tratamentos	28
4.4 Tratamento de sementes	30
4.5 Análise dos dados	35
5 RESULTADOS	36
6 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	49

1. INTRODUÇÃO

A abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) é uma hortaliça originária do continente americano, cultivada em regiões de clima tropical e subtropical, apresentando capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras (FILGUEIRA, 2013). No Brasil, a cultura possui importância econômica e social, sendo cultivada por agricultores familiares, em regiões de clima mais quente (MAPA, 2022). Além disso, os frutos da abóbora são reconhecidos por seu elevado valor nutricional, destacando-se como fontes de carotenoides, vitaminas e compostos antioxidantes benéficos à saúde humana (RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2011).

O sistema agrícola brasileiro caracteriza-se pelo uso intensivo de insumos químicos, o que posiciona o país entre os maiores consumidores de defensivos agrícolas no mundo (FAO, 2021). Embora esses produtos contribuam para o aumento da produtividade, seu uso inadequado pode ocasionar impactos negativos ao meio ambiente, à saúde humana e à qualidade dos alimentos, além de favorecer a seleção de organismos resistentes (PIGNATI *et al.*, 2017). Esse cenário tem intensificado o debate sobre a necessidade de sistemas de produção mais sustentáveis e seguros.

Nesse contexto, sistemas de produção alternativos ganharam maior destaque por se basearem em princípios ecológicos e na redução do uso de insumos sintéticos (ALTIERI; NICHOLLS, 2020). A agricultura orgânica fundamenta-se em normas específicas de produção que visam à sustentabilidade ambiental, social e econômica, restringindo o uso de produtos químicos sintéticos em todas as etapas do cultivo, incluindo o tratamento de sementes (IFOAM, 2018). Entretanto, as sementes representam um dos fatores mais críticos no estabelecimento da cultura, uma vez que o estágio inicial de desenvolvimento das plantas é altamente suscetível à ação de patógenos presentes no solo ou associados às sementes (MARCOS-FILHO, 2015).

O tratamento de sementes constitui-se em uma prática realizada com intuito de proteger as sementes dos ataques de patógenos e favorecer a germinação, o vigor e a emergência uniforme das plântulas no talhão garantido a qualidade sanitária das sementes sem que afete a qualidade fisiológica. Em sistemas de produção orgânica, torna-se necessária a utilização de métodos alternativos que garantam a qualidade sanitária e fisiológica das sementes sem o uso de produtos

químicos convencionais (BRASIL, 2009). Nesse sentido, o uso de compostos naturais têm sido amplamente explorado e sendo visto como promissor.

Os óleos essenciais são substâncias voláteis extraídas de plantas aromáticas, caracterizadas por apresentarem compostos com propriedades antifúngicas, antibacterianas e inseticidas. Diversos estudos indicam que esses óleos atuam na desorganização das membranas celulares dos microrganismos, inibindo seu desenvolvimento, além de apresentarem menor impacto ambiental quando comparados aos defensivos sintéticos (BAKKALI *et al.*, 2008; ISMAN, 2020). No entanto, sua eficiência e possíveis efeitos fitotóxicos dependem da concentração utilizada e da espécie vegetal tratada.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito dos óleos essenciais de alecrim-pimenta, canela e citronela, em diferentes concentrações no tratamento de sementes de abóbora Paulista na qualidade sanitária e fisiológica.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito dos óleos essenciais de alecrim-pimenta, canela e citronela, aplicados em diferentes concentrações, sobre a qualidade sanitária e fisiológica de sementes de abóbora paulista (*Cucurbita moschata* Duch).

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade sanitária de sementes de abóbora paulista (*Cucurbita moschata* Duch.) tratadas com óleos essenciais de alecrim-pimenta, canela e citronela, com ênfase na incidência de fungos fitopatogênicos associados às sementes.
- Determinar s possíveis efeitos fitotóxicos dos óleos essenciais sobre a qualidade fisiológica das sementes, em função das diferentes concentrações utilizadas.

- Comparar as características morfológicas e o desenvolvimento inicial das plântulas oriundas de sementes submetidas aos diferentes tratamentos com óleos essenciais e ao tratamento controle.
- Verificar tratamento mais eficiente para a promoção da qualidade sanitária e fisiológica de sementes de abóbora paulista, considerando o controle de fungos fitopatogênicos e a ausência de efeitos fitotóxicos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Abóbora Paulista e Tratamento de Sementes

A abóbora, pertencente ao gênero *Cucurbita* e à família Cucurbitaceae, destaca-se entre as principais hortaliças cultivadas em regiões tropicais e subtropicais, apresentando expressiva importância econômica, social e nutricional. Essa cultura é amplamente distribuída em diversos países devido à sua elevada adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, rusticidade e versatilidade de utilização, sendo cultivada tanto por pequenos produtores quanto por sistemas agrícolas comerciais. Além de representar uma importante fonte de renda para a agricultura familiar, a abóbora constitui alimento de elevado valor nutricional, destacando-se pelo conteúdo de fibras, vitaminas, minerais, carotenoides e outros compostos bioativos associados à promoção da saúde humana (FILGUEIRA, 2013; FONTES, 2005).

Registros arqueológicos indicam que espécies do gênero *Cucurbita* estão entre as plantas cultivadas mais antigas do continente americano, sendo utilizadas há aproximadamente 10.000 anos por civilizações pré-colombianas, como os maias, juntamente com o milho e o feijão, culturas que constituíam a base alimentar dessas populações (FONTES, 2005). Desde então, a cultura passou por intenso processo de domesticação e seleção, originando cultivares adaptadas às diferentes condições ambientais e sistemas de produção atualmente existentes.

Entre as espécies cultivadas, destaca-se *Cucurbita moschata* Duch., popularmente conhecida como abóbora paulista ou abóbora de pescoço, amplamente cultivada no Brasil devido à elevada produtividade, rusticidade e excelente aceitação comercial. Seus frutos apresentam formato geralmente alongado, casca de coloração creme com estrias verdes e polpa alaranjada intensa, rica em carotenoides, especialmente β -caroteno, precursor da vitamina A, além de vitaminas do complexo B, vitamina C, fibras alimentares e compostos antioxidantes. Essas características conferem elevado valor nutricional aos frutos, favorecendo sua utilização tanto na alimentação in natura quanto na elaboração de produtos processados, como doces, purês, sopas, farinhas e alimentos industrializados (FILGUEIRA, 2013).

Além do aproveitamento da polpa, as sementes de abóbora também apresentam importância econômica crescente. Elas são utilizadas na alimentação humana devido ao elevado teor de proteínas, lipídios insaturados, minerais e compostos antioxidantes, além de constituírem matéria-prima para a extração de óleo vegetal empregado pelas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética. Dessa forma, praticamente todas as partes da planta apresentam potencial de aproveitamento, contribuindo para a agregação de valor à cultura e para a redução do desperdício de alimentos.

A cultura apresenta ampla adaptação às condições climáticas predominantes nas regiões tropicais e subtropicais, desenvolvendo-se adequadamente em temperaturas elevadas e ambientes com boa disponibilidade de radiação solar. Entretanto, temperaturas inferiores a 15 °C podem comprometer a germinação, retardar o crescimento vegetativo e reduzir a produtividade da cultura, enquanto a ocorrência de geadas pode provocar danos severos às plantas, especialmente durante os estádios iniciais de desenvolvimento (FILGUEIRA, 2013).

Quanto às exigências edáficas, a abóbora apresenta melhor desempenho em solos de textura média, profundos, férteis, bem drenados e ricos em matéria orgânica, com pH variando entre 5,5 e 6,5. Embora seja considerada uma espécie rústica, capaz de tolerar diferentes condições de cultivo, o adequado preparo do solo, aliado ao manejo correto da fertilidade e da irrigação, exerce influência direta sobre o crescimento vegetativo, o florescimento, o pegamento dos frutos e a produtividade final (FILGUEIRA, 2013).

Sob o aspecto morfológico, as plantas apresentam hábito de crescimento predominantemente rasteiro ou semiereto, formando longas ramas que podem atingir vários metros de comprimento. As folhas são grandes, pubescentes e responsáveis por elevada capacidade fotossintética, favorecendo o acúmulo de fotoassimilados necessários ao desenvolvimento dos frutos. Em razão desse crescimento vigoroso, torna-se indispensável a adoção de espaçamentos adequados entre plantas e linhas de cultivo, de forma a reduzir a competição por água, luz e nutrientes e favorecer a circulação de ar no interior da lavoura, contribuindo também para a redução da incidência de doenças (EMBRAPA, 2010).

A espécie apresenta sistema reprodutivo monoico, caracterizado pela ocorrência de flores masculinas e femininas na mesma planta. As flores femininas distinguem-se pela presença do ovário bem desenvolvido na base, enquanto as

masculinas são responsáveis pela produção de pólen. A fecundação depende essencialmente da transferência desse pólen até o estigma das flores femininas, processo realizado predominantemente por insetos polinizadores, principalmente abelhas dos gêneros *Apis*, *Bombus* e abelhas nativas (EMBRAPA, 2010).

A polinização representa uma das etapas mais importantes do ciclo produtivo da cultura, uma vez que interfere diretamente no pegamento, desenvolvimento e qualidade dos frutos. A deficiência na polinização pode ocasionar abortamento floral, má formação dos frutos, desenvolvimento irregular e apodrecimento da extremidade apical, reduzindo significativamente a produtividade. Em áreas com baixa população de polinizadores, recomenda-se a realização da polinização manual, preferencialmente durante as primeiras horas da manhã, período em que as flores permanecem abertas e o pólen apresenta maior viabilidade. Paralelamente, recomenda-se restringir a aplicação de inseticidas durante o florescimento, minimizando impactos negativos sobre os agentes polinizadores e preservando o equilíbrio ecológico do agroecossistema (FILGUEIRA, 2013).

O sistema radicular da abóbora é relativamente desenvolvido, apresentando raízes adventícias distribuídas ao longo das ramas, característica que confere moderada tolerância a períodos de deficiência hídrica. Entretanto, durante as fases de germinação, florescimento e enchimento dos frutos, a disponibilidade adequada de água torna-se indispensável para assegurar o estabelecimento das plantas, a formação adequada dos frutos e elevados índices de produtividade (FILGUEIRA, 2013).

Em razão da sensibilidade das raízes ao transplante, a semeadura é realizada preferencialmente no local definitivo de cultivo. O plantio geralmente é efetuado em covas ou sulcos rasos, utilizando-se de três a cinco sementes por cova, posteriormente cobertas por fina camada de solo. Após a emergência das plântulas, realiza-se o desbaste, mantendo-se apenas as plantas mais vigorosas, prática que favorece o adequado desenvolvimento da cultura e reduz a competição entre indivíduos (FILGUEIRA, 2013).

3.2 Potencial do tratamento de sementes com óleo essencial

Considerando a importância da cultura da abóbora e a necessidade de obtenção de estandes uniformes para maximizar a produtividade, a utilização de

sementes de elevada qualidade fisiológica e sanitária constitui um dos principais fatores para o sucesso do estabelecimento da lavoura. A qualidade das sementes influencia diretamente a germinação, o vigor, a velocidade de emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas, refletindo no crescimento das plantas, na uniformidade do cultivo e, conseqüentemente, na produtividade final da cultura (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A qualidade das sementes pode ser definida pelo conjunto de atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que determinam seu desempenho durante a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas. Dentre esses atributos, a qualidade fisiológica e sanitária assume papel de destaque, uma vez que está diretamente relacionada à capacidade das sementes de originarem plântulas vigorosas e livres da ação de agentes fitopatogênicos (MARCOS-FILHO, 2015).

Nesse contexto, o tratamento de sementes constitui uma das práticas mais eficientes para preservar essas características, atuando como medida preventiva contra patógenos transmitidos pelas sementes e presentes no solo. Essa tecnologia consiste na aplicação de produtos químicos, biológicos ou naturais diretamente sobre as sementes antes da semeadura, com o objetivo de protegê-las durante as fases iniciais do desenvolvimento, período considerado crítico para o estabelecimento da cultura (MARCOS-FILHO, 2015).

Sementes contaminadas representam um dos principais veículos de disseminação de fitopatógenos entre áreas de cultivo. Fungos, bactérias e vírus podem permanecer associados às sementes tanto externamente quanto em seus tecidos internos, sendo capazes de sobreviver durante o armazenamento e iniciar novos ciclos de infecção após a semeadura. Entre os fungos mais frequentemente associados às sementes de hortaliças destacam-se espécies dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* e *Cladosporium*, responsáveis pela deterioração das sementes, redução da germinação, diminuição do vigor e comprometimento do desenvolvimento inicial das plântulas (MACHADO, 2000).

A presença desses microrganismos pode provocar falhas na emergência, redução da população de plantas, desuniformidade do estande e aumento da suscetibilidade das plântulas a infecções secundárias, refletindo diretamente na produtividade e na qualidade da produção agrícola. Além dos prejuízos quantitativos, sementes infectadas podem contribuir para a introdução e disseminação de doenças em áreas anteriormente livres de determinados patógenos, tornando o tratamento de

sementes uma importante estratégia de manejo fitossanitário (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Além da proteção sanitária, diversos estudos demonstram que o tratamento de sementes exerce influência positiva sobre a qualidade fisiológica, favorecendo a expressão do potencial de germinação e do vigor das sementes. Ao reduzir a incidência de microrganismos patogênicos durante os estádios iniciais do desenvolvimento, diminui-se o gasto energético destinado aos mecanismos de defesa da planta, permitindo que maior quantidade de reservas seja direcionada aos processos metabólicos envolvidos na germinação, crescimento radicular e estabelecimento das plântulas (MARCOS-FILHO, 2015; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Dessa forma, o tratamento de sementes representa uma tecnologia indispensável para a obtenção de lavouras mais uniformes, proporcionando emergência rápida e homogênea, melhor aproveitamento dos recursos ambientais, maior competitividade das plantas com plantas daninhas e redução da necessidade de aplicações posteriores de defensivos agrícolas.

Tradicionalmente, essa prática é realizada mediante a utilização de fungicidas e inseticidas sintéticos, os quais apresentam elevada eficiência no controle de diversos patógenos e pragas. Entretanto, o uso intensivo desses produtos tem despertado crescente preocupação em razão dos impactos ambientais associados à contaminação do solo, da água e dos alimentos, bem como pelos riscos ocupacionais decorrentes da exposição dos trabalhadores rurais a substâncias potencialmente tóxicas (BETTIOL; GHINI, 2011). Adicionalmente, a utilização contínua de moléculas químicas com o mesmo mecanismo de ação pode favorecer a seleção de populações de microrganismos resistentes, reduzindo gradativamente a eficiência dos tratamentos convencionais.

Paralelamente, a expansão da agricultura orgânica e dos sistemas de produção sustentáveis intensificou a busca por métodos alternativos de controle fitossanitário. Nesses sistemas, o uso de produtos sintéticos é restrito pela legislação vigente, tornando necessária a adoção de tecnologias que conciliem eficiência agrônômica, segurança alimentar e preservação ambiental (BRASIL, 2009).

Nesse cenário, compostos naturais obtidos a partir de plantas, especialmente os óleos essenciais, têm recebido crescente atenção da comunidade científica.

Esses metabólitos secundários apresentam elevada diversidade de compostos bioativos, incluindo monoterpenos, sesquiterpenos, fenóis e aldeídos, reconhecidos por suas propriedades antifúngicas, antibacterianas, inseticidas e antioxidantes (BAKKALI et al., 2008). A atividade antimicrobiana desses compostos está relacionada principalmente à desorganização da membrana plasmática dos microrganismos, provocando aumento da permeabilidade celular, extravasamento de constituintes intracelulares, desregulação metabólica e, conseqüentemente, inibição do crescimento ou morte celular.

Além do efeito direto sobre os patógenos, diversos estudos sugerem que alguns óleos essenciais podem favorecer a manutenção da qualidade fisiológica das sementes quando utilizados em concentrações adequadas, constituindo alternativa promissora para o tratamento de sementes em sistemas agrícolas sustentáveis. Entretanto, a eficiência desses compostos depende de diversos fatores, incluindo a espécie vegetal utilizada para obtenção do óleo, sua composição química, o método de extração, a concentração empregada, o microrganismo-alvo e a espécie de semente tratada.

Outro aspecto relevante refere-se à possibilidade de ocorrência de efeitos fitotóxicos. Embora apresentem reconhecida atividade antimicrobiana, concentrações elevadas de determinados óleos essenciais podem comprometer a integridade das membranas celulares das sementes, interferir na absorção de água, reduzir a atividade enzimática e prejudicar processos fisiológicos relacionados à germinação e ao desenvolvimento inicial das plântulas. Assim, a definição de concentrações que promovam eficiente controle dos fitopatógenos sem causar prejuízos fisiológicos representa um dos principais desafios para a utilização desses compostos no tratamento de sementes (ISMAN, 2020).

Diante desse contexto, torna-se evidente a necessidade de ampliar as pesquisas voltadas ao emprego de óleos essenciais no tratamento de sementes, especialmente em culturas hortícolas de importância econômica, como a abóbora. Estudos que avaliem simultaneamente a eficiência no controle de patógenos e os possíveis efeitos sobre a qualidade fisiológica das sementes são fundamentais para subsidiar o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis capazes de substituir ou complementar os tratamentos químicos convencionais. Nesse sentido, o uso de óleos essenciais representa uma estratégia promissora para o manejo fitossanitário,

conciliando eficiência agrônômica, redução dos impactos ambientais e produção de alimentos mais seguros.

3.3 Óleos essenciais

Diante da crescente demanda por tecnologias que conciliem eficiência agrônômica e sustentabilidade ambiental, os óleos essenciais têm despertado interesse como alternativa ao uso de defensivos químicos convencionais no tratamento de sementes. Esses compostos naturais apresentam amplo potencial para o controle de microrganismos fitopatogênicos, podendo contribuir para a manutenção da qualidade sanitária e fisiológica das sementes, especialmente em sistemas de produção que priorizam a redução do uso de insumos sintéticos.

Os óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis produzidas pelo metabolismo secundário das plantas e armazenadas em diferentes estruturas secretoras presentes em folhas, flores, frutos, cascas, sementes, raízes e caules. Sua composição química é formada principalmente por monoterpenos, sesquiterpenos, fenóis, álcoois, aldeídos, ésteres, cetonas e hidrocarbonetos terpênicos, compostos responsáveis pelas características aromáticas e pelas diversas atividades biológicas desses metabólitos vegetais (BAKKALI et al., 2008; BURT, 2004).

Nas plantas, os óleos essenciais exercem funções ecológicas fundamentais, atuando como mecanismos naturais de defesa contra fungos, bactérias, vírus, insetos herbívoros e outros organismos potencialmente prejudiciais. Além disso, participam da comunicação química entre plantas, da atração de agentes polinizadores e da proteção contra diferentes condições de estresse biótico e abiótico. Essas propriedades despertaram o interesse da comunidade científica quanto à sua utilização em diversas áreas, incluindo as indústrias farmacêutica, cosmética, alimentícia e, mais recentemente, a agricultura (BAKKALI et al., 2008).

O potencial antimicrobiano dos óleos essenciais está diretamente relacionado à sua composição química. Compostos fenólicos como timol, carvacrol, eugenol e cinamaldeído são considerados os principais responsáveis pela atividade antifúngica e antibacteriana observada nesses produtos naturais. De maneira geral, esses metabólitos atuam promovendo alterações estruturais e funcionais na membrana

plasmática dos microrganismos, aumentando sua permeabilidade e provocando extravasamento de íons, proteínas e outros constituintes celulares essenciais. Como consequência, ocorre comprometimento da respiração celular, inibição de processos enzimáticos, redução da produção de energia e, em muitos casos, morte celular (BURT, 2004; HYLDGAARD et al., 2012).

Além da desorganização da membrana celular, estudos demonstram que alguns compostos presentes nos óleos essenciais também podem interferir na germinação de esporos, no crescimento do tubo germinativo, na formação do micélio e na produção de enzimas relacionadas à patogenicidade dos fungos. Dessa forma, esses metabólitos atuam em diferentes etapas do ciclo de desenvolvimento dos fitopatógenos, reduzindo sua capacidade de colonização das sementes e das plântulas.

Diversos trabalhos têm demonstrado elevada eficiência dos óleos essenciais no controle de importantes fungos associados às sementes, como espécies dos gêneros *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* e *Rhizoctonia*. Esses microrganismos são responsáveis por perdas expressivas na qualidade sanitária das sementes, ocasionando redução da germinação, diminuição do vigor, deterioração dos tecidos, morte de plântulas e comprometimento do estabelecimento inicial das culturas. Nesse contexto, a utilização de óleos essenciais representa alternativa promissora para reduzir a incidência desses patógenos, contribuindo para a obtenção de sementes mais saudáveis e plântulas mais vigorosas (NGUEFACK et al., 2008; TEIXEIRA et al., 2013).

Além da atividade antifúngica, numerosos estudos relatam propriedades antibacterianas, inseticidas, nematocidas, antioxidantes e até repelentes dos óleos essenciais. Essa ampla diversidade de mecanismos de ação amplia significativamente suas possibilidades de utilização no manejo integrado de pragas e doenças, reduzindo a dependência de produtos químicos sintéticos e favorecendo sistemas agrícolas mais sustentáveis (ISMAN, 2020).

Outro aspecto amplamente discutido na literatura refere-se ao reduzido impacto ambiental associado ao emprego desses compostos naturais. Diferentemente de muitos pesticidas sintéticos, os óleos essenciais apresentam elevada biodegradabilidade, baixa persistência ambiental e menor potencial de contaminação do solo, da água e dos alimentos. Além disso, sua rápida degradação

reduz os riscos de bioacumulação e minimiza a exposição de trabalhadores rurais e consumidores a resíduos químicos potencialmente tóxicos (REGNIER et al., 2012).

Entretanto, embora apresentem inúmeras vantagens, a utilização agrícola dos óleos essenciais ainda enfrenta desafios importantes. Um dos principais está relacionado à elevada variabilidade de sua composição química. Fatores como espécie vegetal, cultivar, estágio fenológico, condições climáticas, tipo de solo, época de colheita, local de cultivo e método de extração podem alterar significativamente a concentração dos compostos bioativos, influenciando diretamente sua eficiência biológica (BAKKALI et al., 2008). Dessa forma, produtos obtidos a partir da mesma espécie vegetal podem apresentar atividades antimicrobianas distintas.

Outra limitação refere-se à elevada volatilidade desses compostos, característica que pode reduzir seu período de ação após a aplicação. Além disso, fatores ambientais como temperatura, umidade e incidência de radiação solar podem acelerar sua degradação, diminuindo a persistência do efeito fungicida e exigindo o desenvolvimento de tecnologias que aumentem sua estabilidade, como sistemas de encapsulamento e formulações específicas para uso agrícola.

Outro aspecto de grande relevância diz respeito aos possíveis efeitos fitotóxicos dos óleos essenciais. Embora apresentem reconhecida atividade antimicrobiana, concentrações elevadas podem comprometer processos fisiológicos fundamentais para a germinação das sementes. Alguns compostos fenólicos, como eugenol e derivados do ácido cinâmico, podem alterar a permeabilidade das membranas celulares das sementes, interferir na absorção de água, reduzir a atividade de enzimas hidrolíticas e limitar o crescimento da radícula e da parte aérea das plântulas. Assim, a determinação de concentrações que conciliem elevada eficiência no controle de fitopatógenos e baixa fitotoxicidade constitui um dos principais desafios para a utilização desses compostos no tratamento de sementes (MAZZAFERA et al., 2003; ALVES et al., 2004).

Nos últimos anos, diversos estudos têm evidenciado resultados promissores para diferentes espécies vegetais. Entre os óleos essenciais mais investigados destacam-se aqueles obtidos de capim-cidreira (*Cymbopogon citratus*), tomilho (*Thymus vulgaris*), orégano (*Origanum vulgare*) e canela (*Cinnamomum zeylanicum*). Os óleos de capim-cidreira e tomilho demonstraram elevada eficiência no controle de *Aspergillus flavus*, importante fungo de armazenamento associado à

deterioração de sementes de hortaliças. Da mesma forma, o óleo essencial de orégano apresentou expressiva atividade fungicida contra diferentes espécies de fungos fitopatogênicos, efeito atribuído principalmente à presença de compostos bioativos como timol, 4-terpineol e hidrato de sabineno (OSÓRIO et al., 2019).

O óleo essencial de canela também figura entre os compostos naturais mais estudados devido à elevada concentração de cinamaldeído e eugenol, metabólitos reconhecidos por sua intensa atividade antimicrobiana. Monteiro et al. (2014), ao avaliarem sementes de *Brachiaria brizantha*, observaram redução de até 83% da população do nematoide *Aphelenchoides besseyi* utilizando concentração de 1%, demonstrando o potencial desse óleo no controle de organismos fitopatogênicos. Resultados semelhantes foram descritos por Brito et al. (2010), que verificaram efeito positivo do óleo essencial de canela sobre a germinação de sementes de mandacaru (*Cereus jamacaru*) em concentrações de até 0,5%, enquanto concentrações superiores comprometeram o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular das plântulas.

Resultados relacionados ao óleo essencial de citronela também evidenciam a necessidade de definir concentrações adequadas para sua utilização. Alves et al. (2004), avaliando sementes de alface, observaram que concentrações reduzidas (0,001% e 0,01%) mantiveram elevados índices de germinação, enquanto concentrações superiores a 1% promoveram significativa redução da germinação, demonstrando que o efeito biológico dos óleos essenciais depende diretamente da dose empregada.

Apesar do crescente número de estudos publicados nas últimas décadas, ainda são relativamente escassas as pesquisas direcionadas ao uso de óleos essenciais no tratamento de sementes de culturas hortícolas, especialmente em sementes de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.). Além disso, permanecem limitadas as informações relacionadas às concentrações capazes de promover controle eficiente dos fitopatógenos sem comprometer a qualidade fisiológica das sementes. Essa lacuna científica evidencia a necessidade de novos estudos que avaliem simultaneamente os efeitos sanitários e fisiológicos desses compostos, fornecendo subsídios para sua utilização segura e eficiente na agricultura.

Nesse contexto, os óleos essenciais representam uma alternativa promissora para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis destinadas ao tratamento de sementes, podendo contribuir para a redução do uso de defensivos químicos, para a

preservação ambiental e para a obtenção de sementes com elevada qualidade fisiológica e sanitária. Entretanto, sua recomendação depende da geração de conhecimentos científicos que permitam estabelecer concentrações eficazes, seguras e economicamente viáveis para cada espécie vegetal e para cada patógeno de interesse.

4. Material e Métodos

4.1 Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), Campus de Dracena, no laboratório de análise de sementes localizado no bloco 4, realizado em junho de 2025.

4.2 Material

Os tratamentos foram constituídos pelos óleos essenciais de alecrim-pimenta, canela e citronela, obtidos comercialmente e utilizados nas diferentes concentrações estabelecidas para o experimento (Figura 1). Para promover a emulsificação e a homogeneização dos óleos essenciais em meio aquoso, empregou-se Tween® 20 na concentração de 20%, utilizado como agente emulsificante (Figura 2).

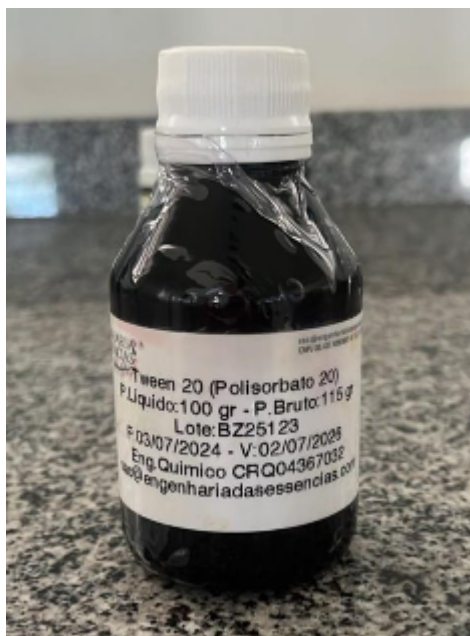
Foram utilizadas sementes de abóbora paulista (*Cucurbita moschata* Duch.), provenientes de lote comercial da empresa Feltrin®, sem tratamento químico prévio. As sementes apresentavam condições adequadas para a realização dos ensaios laboratoriais e permaneceram armazenadas em ambiente com temperatura e umidade controladas até a instalação do experimento (Figura 3).

FIGURA 1 – Óleos essenciais de alecrim-pimenta, canela, citronela



Fonte: Dados da própria autora.

FIGURA 2 – Tween 20%



Fonte: Dados da própria autora.

FIGURA 3 – Sementes nuas de abóbora Paulista.



Fonte: Dados da própria autora.

4.3 Preparo dos tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, em esquema fatorial 3×5 . O primeiro fator foi constituído pelos óleos essenciais de alecrim-pimenta, canela e citronela, enquanto o segundo fator correspondeu às concentrações dos óleos essenciais (0; 0,1; 0,5; 0,7 e 1,0%). A concentração 0% correspondeu à testemunha, sem adição de óleo essencial. As soluções foram preparadas utilizando Tween® 20 a 1% como agente emulsificante, totalizando 15 tratamentos.

Inicialmente, realizou-se a contagem das sementes necessárias para cada tratamento, permitindo determinar o volume de solução a ser preparado. Posteriormente, os óleos essenciais foram diluídos em 50 mL de água destilada contendo Tween® 20 a 1%, de acordo com as concentrações estabelecidas (Figura 4). As quantidades de água, emulsificante e óleo essencial utilizadas no preparo das soluções encontram-se apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Concentrações dos óleos essenciais de alecrim-pimenta, canela e capim citronela em 50 mL de solução.

Concentração dos óleos essenciais (%)	Concentração da água (mL)	Concentração de tween 20% a 1% (mL)	Concentração dos produtos (mL)	Total (mL)
0	50	0	0	50
0,1	49,45	0,5	0,05	50
0,5	49,25	0,5	0,25	50
0,7	49,15	0,5	0,35	50
1	49,00	0,5	0,50	50

% - Porcentagem; mL – Mililitro

Fonte: Dados da própria autora.

Após o preparo, foram realizadas determinações de pH e condutividade elétrica das soluções utilizando pHmetro e condutivímetro digital (Figura 5). Para o tratamento das sementes, foram utilizadas 250 sementes por tratamento, acondicionadas em recipientes plásticos contendo 50 mL da respectiva solução. As sementes permaneceram imersas por 5 minutos, sendo posteriormente submetidas à drenagem em peneira para remoção do excesso de solução (Figuras 6 e 7). Em

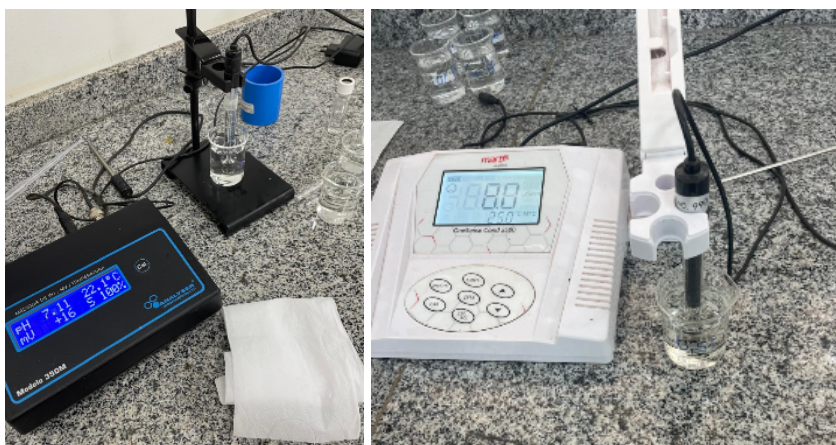
seguida, as sementes foram utilizadas na instalação dos testes de germinação e demais avaliações fisiológicas.

FIGURA 4 – Montagem das soluções para o tratamento das sementes.



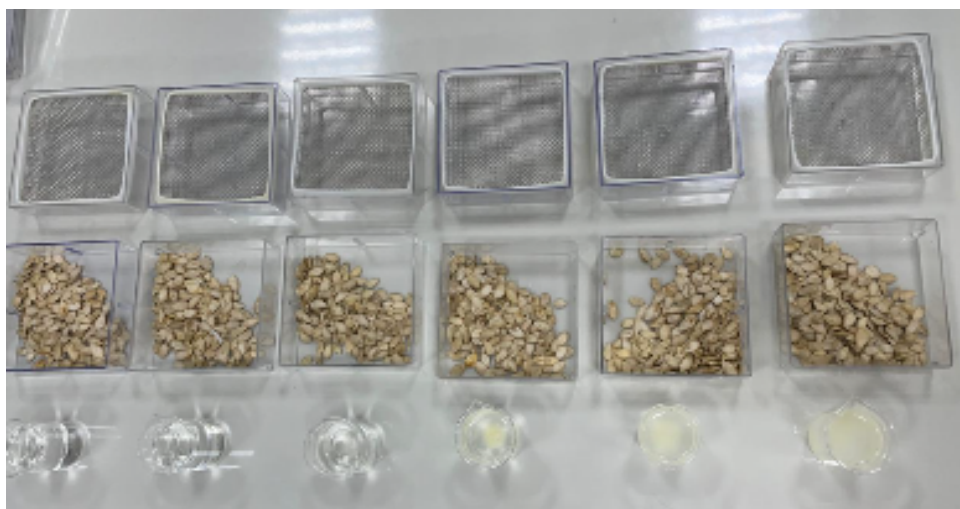
Fonte: Dados da própria autora.

FIGURA 5 – Medindo o pH, condutividade elétrica das soluções.



Fonte: Dados da própria autora.

FIGURA 6 – Montagem para o tratamento das sementes.



Fonte: Dados da própria autora.

FIGURA 7 – Retirado o excesso da solução e preparação para a montagem dos testes de germinação.



Fonte: Dados da própria autora.

4.4 Tratamento de sementes

Após a aplicação dos tratamentos, foram conduzidos testes destinados à avaliação da qualidade fisiológica e sanitária das sementes de abóbora paulista (*Cucurbita moschata* Duch.). As análises foram realizadas com o objetivo de verificar os efeitos dos diferentes óleos essenciais e de suas concentrações sobre o desempenho fisiológico e a sanidade das sementes. Para essa finalidade, foram avaliadas as seguintes características:

Germinação: O teste de germinação foi conduzido pelo método Entre Papel (EP), conforme as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Para cada repetição, foram utilizadas 50 sementes de abóbora paulista (*Cucurbita moschata* Duch.), distribuídas uniformemente sobre duas folhas de papel Germitest® e cobertas por uma terceira folha, totalizando 200 sementes por

tratamento (Figura 8). O substrato foi previamente umedecido com água destilada, utilizando-se volume equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. As sementes foram dispostas de forma equidistante sobre o papel, visando proporcionar condições uniformes para a germinação. Em seguida, as folhas foram enroladas, formando rolos, os quais foram acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados de acordo com cada tratamento (Figura 9).

Posteriormente, os rolos foram mantidos em câmara de germinação do tipo BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), regulada à temperatura de 25 °C, sob fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, permanecendo nessas condições durante oito dias. A primeira contagem de germinação foi realizada no quarto dia após a instalação do teste, conforme estabelecido pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Ao final do oitavo dia, efetuou-se a contagem das plântulas normais, sendo os resultados expressos em porcentagem de germinação.

FIGURA 8 – Montagem dos testes de germinação.



Fonte: Dados da própria autora.

FIGURA 9 – Separação dos testes de germinação.



Fonte: Dados da própria autora.

Primeira contagem de germinação: foi realizada no teste de germinação, consistindo na avaliação do número de plântulas que já haviam germinado e apresentavam potencial para se desenvolver como plântulas normais. Nessa etapa, também foram identificadas e após foram devidamente embaladas na mesma embalagem com as identificações correspondentes. A primeira contagem foi efetuada quatro dias após a instalação do teste, sendo os resultados expressos em porcentagem demonstrado na figura 10.

FIGURA 10 – Primeira contagem de germinação (quatro dias após a semeadura).



Fonte: Dados da própria autora.

Segunda contagem de germinação: foi realizada no mesmo ensaio de germinação, oito dias após a instalação do teste como mostrado na figura 11. Nessa etapa, procedeu-se à avaliação final das sementes, com a classificação das

plântulas normais, anormais e sementes mortas, conforme os critérios estabelecidos para testes de germinação. Os resultados da segunda contagem foram expressos em porcentagem.

FIGURA 11 – Segunda contagem de germinação (oito dias após a semeadura).



Fonte: Dados da própria autora.

Comprimento de raiz e parte aérea: Para cada repetição, foram selecionadas aleatoriamente dez plântulas classificadas como normais. Em cada plântula, determinaram-se os comprimentos da parte aérea e da raiz primária com o auxílio de régua graduada, sendo os resultados expressos em centímetros, Figura 12.

FIGURA 12 – Comprimento de raiz e parte aérea de plântulas



Fonte: Dados da própria autora.

Comprimento da plântula: Sendo a soma do comprimento da parte aérea e o comprimento da raiz das plântulas, em centímetros;

Massa seca da plântula: As plantas que foram classificadas normais de cada parcela, foram colocadas em um saco de papel e foram colocadas em uma estufa de circulação de ar forçada, numa temperatura média de 40°C, onde ficaram por 7 dias até atingirem massa constante, em seguida foi realizado a pesagem desse material, expresso em miligramas.

Sanidade das sementes: A avaliação da sanidade das sementes foi realizada pelo método do papel filtro (Blotter test), conforme descrito no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento nas *Regras para Análise de Sementes* (RAS) (BRASIL, 2009). Para cada tratamento, foram utilizadas 9 sementes com 3 repetições. As sementes foram distribuídas uniformemente em placas de Petri contendo três folhas de papel filtro previamente esterilizadas e umedecidas com água destilada.

As placas foram mantidas em câmara de incubação do tipo BOD, sob temperatura de 20 ± 2 °C, com fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro durante 1 dia, no dia seguinte as sementes foram para a câmara fria por 24 horas, após foram retiradas e foram mantidas em câmara de incubação do tipo BOD, sob temperatura de 20 ± 2 °C, com fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro durante cinco dias.

Após o período de incubação, procedeu-se à avaliação da incidência de fungos associados às sementes, com auxílio de microscópio estereoscópico e, quando necessário, microscópio óptico para identificação das estruturas fúngicas. Os resultados foram expressos em porcentagem de incidência de cada patógeno por tratamento.

Composição química dos óleos essenciais: A composição química dos óleos essenciais utilizados nos tratamentos foi obtida a partir das informações técnicas disponibilizadas pela empresa fornecedora dos produtos. Foram utilizados os óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*) da empresa LEGEE ÓLEOS ESSENCIAIS E COMPOSTOS LTDA, e o de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) e capim-citronela (*Cymbopogon citratus*) da empresa HARMONIE AROMATERAPIA LTDA, cujos constituintes majoritários foram considerados conforme especificado pelo fabricante. O óleo essencial de alecrim-pimenta apresentou como constituintes majoritários o timol (65,56%), o *p*-cimeno (8,72%) e o

β -cariofileno (8,67%). Para o óleo essencial de canela, os principais compostos identificados foram o trans-cinamaldeído (83,46%), o o-metoxi-cinamaldeído (6,43%) e o acetato de trans-cinamila (1,15%). Já o óleo essencial de citronela apresentou como componentes majoritários o citronelal (36,78%), o geraniol (22,82%) e o citronelol (18,46%). Essas informações foram utilizadas para auxiliar na interpretação dos resultados referentes à qualidade fisiológica e sanitária das sementes tratadas com os diferentes óleos essenciais.

4.5 Análise dos dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), quando constatado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Adicionalmente, realizou-se análise de regressão para avaliar o comportamento das variáveis em função das concentrações dos óleos essenciais. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software (SISVAR, 2011).

5. RESULTADOS

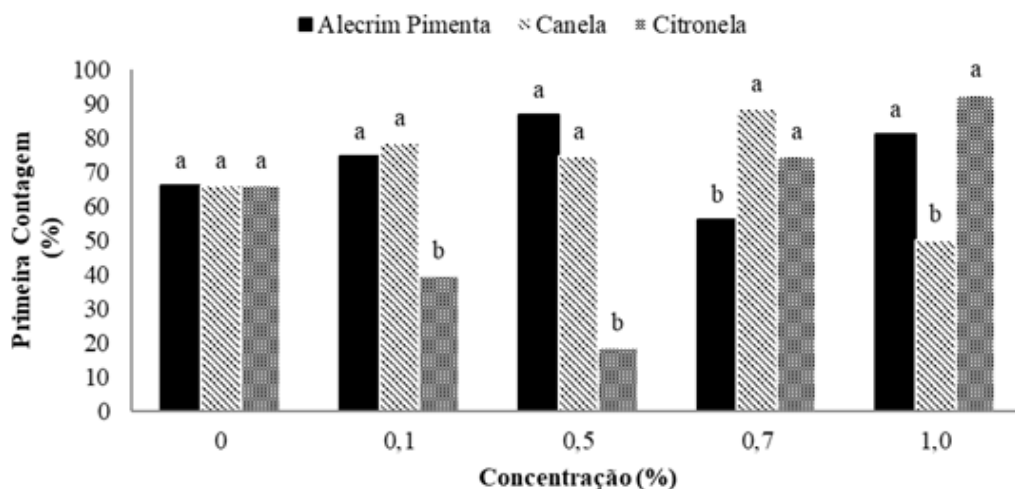


Figura 13. Primeira contagem de germinação de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais comparados dentro de cada concentração.

A primeira contagem de germinação das sementes de abóbora paulista apresentou diferença significativa para o fator concentração, assim realizado a comparação entre os óleos essenciais (Figura 13). Nas concentrações de 0,1 e 0,5% houve diferença significativa para os óleos de alecrim-pimenta e canela, enquanto na concentração de 0,7% houve diferença significativa para os óleos de canela e citronela e na concentração de 1% o óleo de alecrim-pimenta e citronela apresentou diferença significativa.

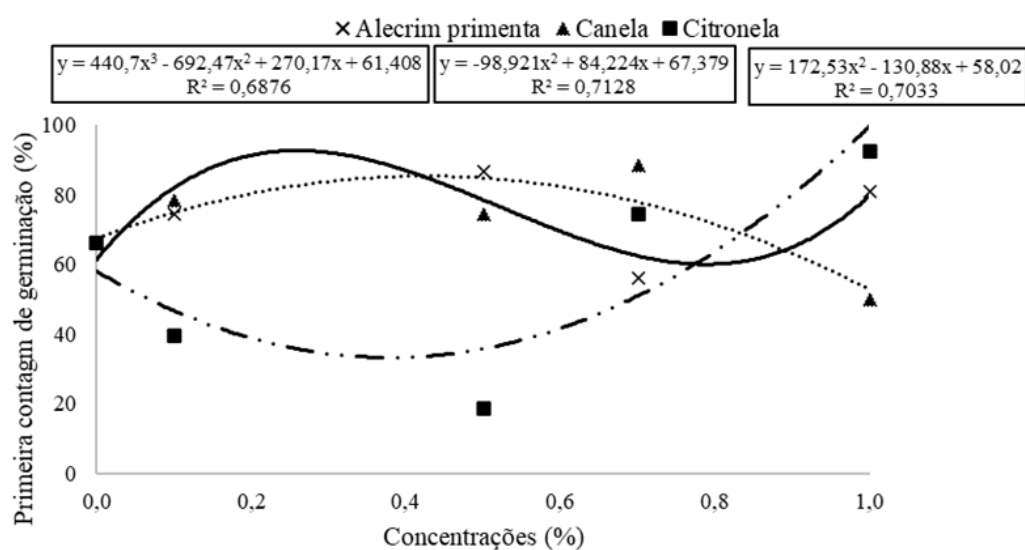


Figura 14. Primeira contagem de germinação de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais em diferentes concentrações.

A análise das equações de regressão demonstrou que os óleos essenciais apresentaram respostas distintas na primeira contagem de germinação das sementes de abóbora em função do aumento da concentração de 0,1% para 1,0% (Figura 14). O óleo essencial de alecrim-pimenta apresentou comportamento praticamente estável, com pequena redução da primeira contagem de germinação, passando de 81,94% para 79,81%, correspondendo a uma diminuição de aproximadamente 2,6%. Esse comportamento pode estar relacionado à elevada concentração de timol (65,56%), principal constituinte do óleo, composto reconhecido por sua atividade antifúngica e antimicrobiana.

O timol promove a desorganização da membrana plasmática dos microrganismos, reduzindo a incidência de fungos associados às sementes e favorecendo a manutenção do vigor durante a germinação (BAKKALI et al., 2008; BURT, 2004). Além disso, a presença de p-cimeno (8,72%) e β -cariofileno (8,67%) pode atuar de forma sinérgica, potencializando a atividade do timol e contribuindo para a proteção das sementes sem comprometer significativamente sua qualidade fisiológica (HYLDGAARD; MYGIND; MEYER, 2012).

O óleo essencial de canela apresentou redução mais acentuada da primeira contagem de germinação, passando de 74,81% para 52,68%, representando decréscimo de aproximadamente 29,6%. Esse resultado sugere efeito fitotóxico em concentrações mais elevadas, provavelmente relacionado à elevada concentração de trans-cinamaldeído (83,46%), principal composto do óleo. Embora esse aldeído aromático apresenta elevada atividade antifúngica, sua ação pode interferir na integridade das membranas celulares, na atividade enzimática e no metabolismo respiratório das sementes quando utilizado em maiores concentrações, comprometendo o processo germinativo (ALVES et al., 2004; MONTEIRO et al., 2014).

Os compostos o-metoxi-cinamaldeído (6,43%) e acetato de trans-cinamila (1,15%) também podem contribuir para a atividade biológica do óleo, atuando de forma complementar ao trans-cinamaldeído.

Em contraste, o óleo essencial de citronela apresentou aumento expressivo da primeira contagem de germinação, passando de 46% para 99%, representando incremento de aproximadamente 53%. Esse comportamento indica que o aumento da concentração favoreceu o vigor inicial das sementes, possivelmente em razão da ação conjunta dos seus principais constituintes: citronelal (36,78%), geraniol

(22,82%) e citrônolol (18,46%). Esses monoterpenos apresentam reconhecida atividade antifúngica e antimicrobiana, reduzindo a colonização por fungos fitopatogênicos e favorecendo a germinação das sementes (BAKKALI et al., 2008; BURT, 2004).

Além disso, o geraniol e o citrônolol possuem propriedades antioxidantes que podem minimizar danos oxidativos durante a germinação, contribuindo para a manutenção do vigor das plântulas (HYLDGAARD; MYGIND; MEYER, 2012).

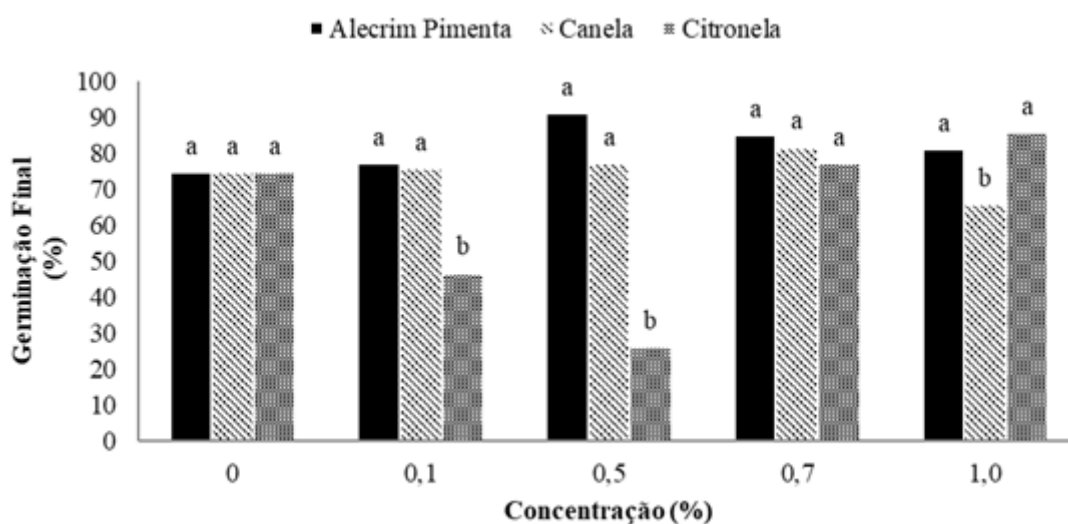


Figura 15. Contagem final de germinação de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais comparados dentro de cada concentração.

Segundo a figura 15, observa-se mesmo comportamento para os óleos essenciais de alecrim-pimenta e canela a 0,1 e a 0,5%, não havendo diferença significativa entre os óleos, e a 1% houve diferença significativa para os óleos de alecrim-pimenta e citronela.

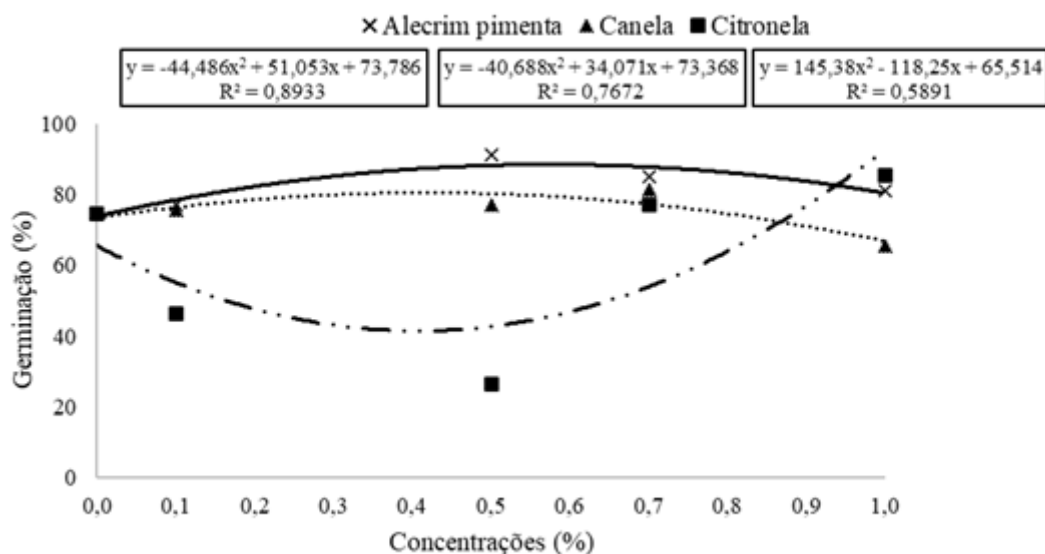


Figura 16. Porcentagem de germinação de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais em diferentes concentrações.

A análise das equações de regressão demonstrou que os óleos essenciais apresentaram respostas distintas para a germinação final das sementes de abóbora em função do aumento da concentração de 0,1% para 1,0% (Figura 16). O óleo essencial de alecrim-pimenta apresentou comportamento estável, com pequeno aumento da germinação, passando de 78,45% para 80,35%, correspondendo a um incremento de aproximadamente 2,4%. Esse resultado sugere que concentrações mais elevadas desse óleo não comprometeram a qualidade fisiológica das sementes. Tal comportamento pode estar relacionado à elevada concentração de timol (65,56%), principal constituinte do óleo, reconhecido por sua intensa atividade antifúngica. Além disso, a presença de *p*-cimeno (8,72%) e β -cariofileno (8,67%) pode atuar de forma sinérgica, potencializando a ação antimicrobiana do timol e contribuindo para a manutenção da germinação (BAKKALI et al., 2008; BURT, 2004; HYLDGAARD; MYGIND; MEYER, 2012).

O óleo essencial de canela apresentou redução da germinação final de 76,37% para 66,75%, representando decréscimo de aproximadamente 12,6%. Esse comportamento pode ser atribuído à elevada concentração de trans-cinamaldeído (83,46%), composto responsável pela elevada atividade antifúngica do óleo. Embora eficiente no controle de patógenos, concentrações mais elevadas desse composto podem provocar alterações na permeabilidade das membranas celulares, interferir

na atividade enzimática e comprometer o metabolismo germinativo, resultando em efeito fitotóxico (ALVES et al., 2004; MONTEIRO et al., 2014).

Em contraste, o óleo essencial de citronela apresentou aumento expressivo da germinação final, passando de 55,14% para 92,64%, correspondendo a incremento de aproximadamente 68,0%. Esse resultado indica que concentrações mais elevadas favoreceram significativamente o estabelecimento das sementes. Esse efeito pode estar relacionado à ação conjunta dos compostos citronelal (36,78%), geraniol (22,82%) e citronelol (18,46%), reconhecidos por sua atividade antifúngica e antioxidante. Esses metabólitos podem reduzir a incidência de fungos associados às sementes, favorecendo a manutenção da qualidade fisiológica e proporcionando maior percentual de germinação (BAKKALI et al., 2008; BURT, 2004; HYLDGAARD; MYGIND; MEYER, 2012).

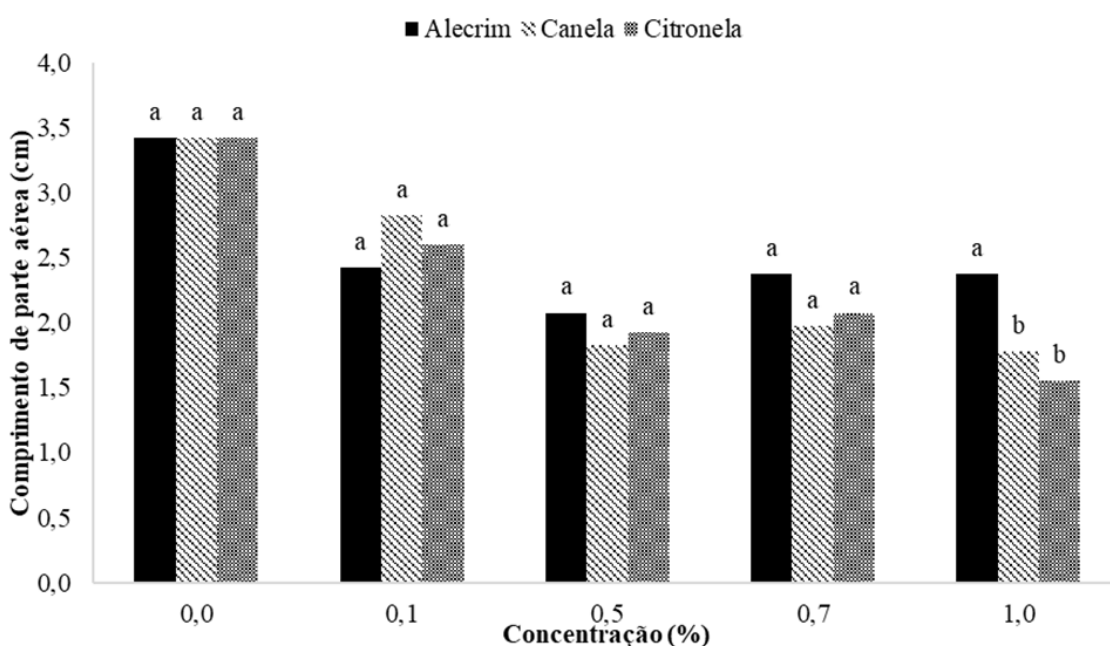


Figura 17. Comprimento de parte aérea (cm) de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais comparados dentro de cada concentração.

Para a característica de comprimento de parte aérea, houve diferença significativa entre os óleos essenciais, observada apenas na concentração de 1%. Ocorrendo maior comprimento de parte aérea para o óleo de alecrim-pimenta e menor para de canela e citronela que não diferiram entre si (Figura 21). O maior desenvolvimento da parte aérea promovido pelo óleo essencial de alecrim-pimenta pode estar relacionado a presença de *p*-cimeno (8,72%) e β -cariofileno (8,67%) que pode atuar de forma sinérgica, potencializando a ação do timol e contribuindo para a

manutenção do crescimento vegetal (BAKKALI et al., 2008; BURT, 2004; HYLDGAARD; MYGIND; MEYER, 2012).

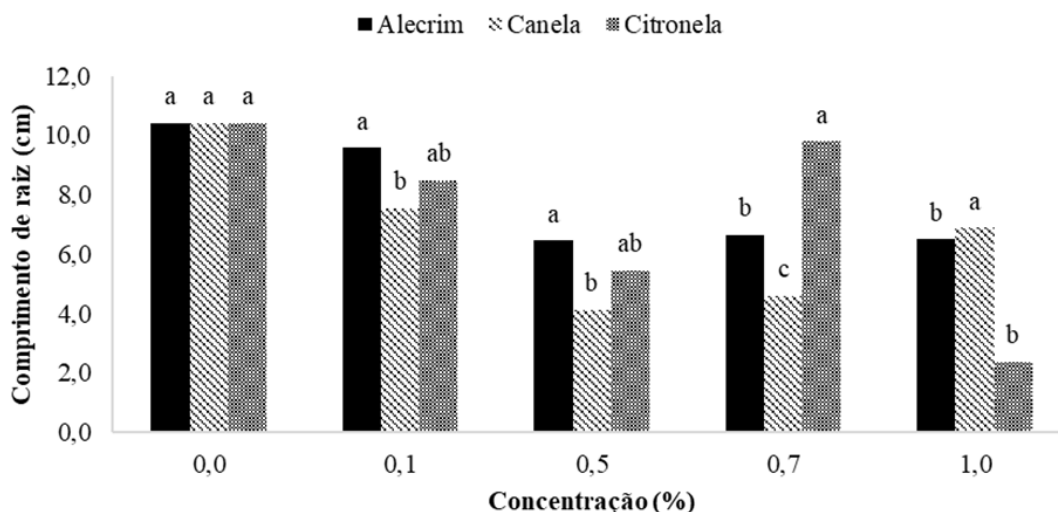


Figura 18. Comprimento de raiz primária (cm) de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais comparados dentro de cada concentração.

Para o comprimento de raiz primária (Figura 18), verificou-se diferença significativa, nas concentrações de 0,1% e 0,5%, o óleo essencial de alecrim-pimenta promoveu maior comprimento radicular, diferindo da canela, enquanto a citronela apresentou comportamento intermediário, não diferindo dos demais tratamentos. Na concentração de 0,7%, o óleo essencial de citronela promoveu o maior comprimento de raiz. Já na concentração de 1,0%, o óleo de canela apresentou maior comprimento radicular.

O maior crescimento radicular observado para o óleo essencial de alecrim-pimenta nas menores concentrações pode estar relacionado à elevada concentração de timol (65,56%), composto que apresenta atividade antifúngica capaz de reduzir a incidência de microrganismos associados às sementes, favorecendo o desenvolvimento inicial das plântulas (BAKKALI et al., 2008). Além disso, a presença de *p*-cimeno e β -cariofileno pode atuar de forma sinérgica, contribuindo para a manutenção da integridade fisiológica das sementes (BURT, 2004).

O desempenho superior da citronela na concentração de 0,7% provavelmente está relacionado à ação conjunta do citronelal, geraniol e citronelol, compostos que

apresentam reconhecida atividade antimicrobiana e antioxidante, reduzindo o estresse oxidativo durante a germinação e favorecendo o crescimento do sistema radicular (HYLDGAARD; MYGIND; MEYER, 2012).

Em contrapartida, a redução do comprimento radicular observada para a canela em algumas concentrações pode estar associada à elevada concentração de trans-cinamaldeído, composto que, embora apresente elevada atividade antifúngica, pode provocar alterações fisiológicas nas sementes quando utilizado em concentrações mais elevadas, reduzindo o desenvolvimento inicial das plântulas (ALVES et al., 2004; MONTEIRO et al., 2014).

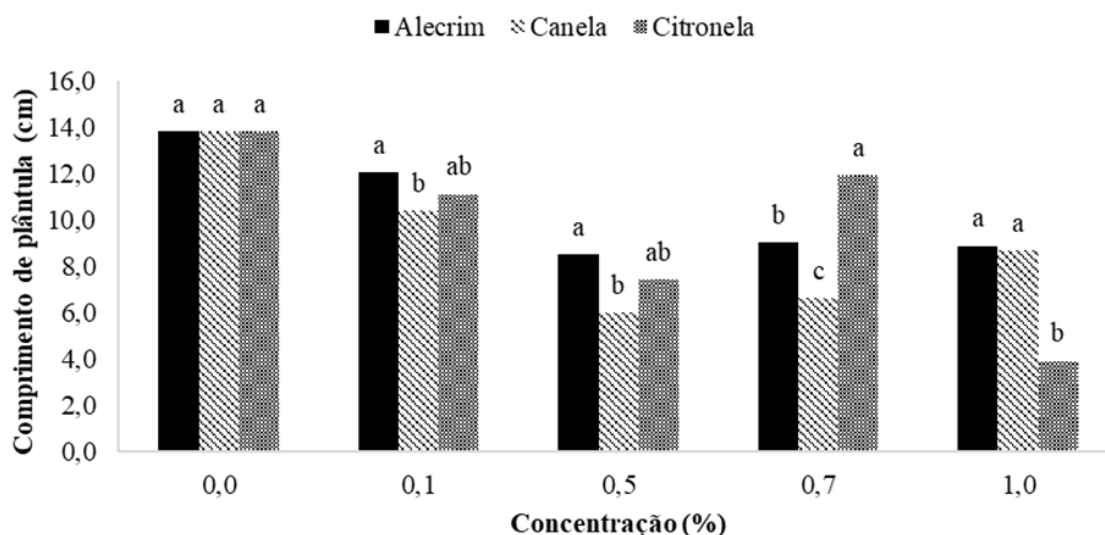


Figura 19. Comprimento de plântula (cm) de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais comparados dentro de cada concentração.

Para o comprimento total de plântula (Figura 19), observaram-se diferenças significativas, nas concentrações de 0,1% e 0,5%, o óleo essencial de alecrim-pimenta apresentou maior comprimento de plântula, diferindo da canela, enquanto a citronela apresentou comportamento intermediário. Na concentração de 0,7%, a citronela proporcionou o maior comprimento de plântula. Na concentração de 1,0%, os óleos de alecrim-pimenta e canela apresentaram maiores comprimentos de plântula, diferindo da citronela, que apresentou o menor desenvolvimento.

O maior comprimento das plântulas promovido pelo óleo essencial de alecrim-pimenta nas menores concentrações reforça seu potencial em preservar o vigor das sementes. A elevada concentração de timol, associada à ação sinérgica do *p*-cimeno e do β -cariofileno, pode ter contribuído para a redução da incidência de

microrganismos e para a manutenção do desenvolvimento inicial das plântulas (BAKKALI et al., 2008; BURT, 2004).

O maior comprimento observado para a citronela na concentração de 0,7% pode ser explicado pela presença de citronelal, geraniol e citronelol, compostos capazes de exercer atividade antimicrobiana e antioxidante, favorecendo o crescimento das plântulas quando empregados em concentrações adequadas (HYLDGAARD; MYGIND; MEYER, 2012). Entretanto, na concentração de 1,0%, a redução do comprimento das plântulas sugere que concentrações mais elevadas podem desencadear efeitos alelopáticos ou fitotóxicos, comprometendo o desenvolvimento vegetal (ALVES et al., 2004).

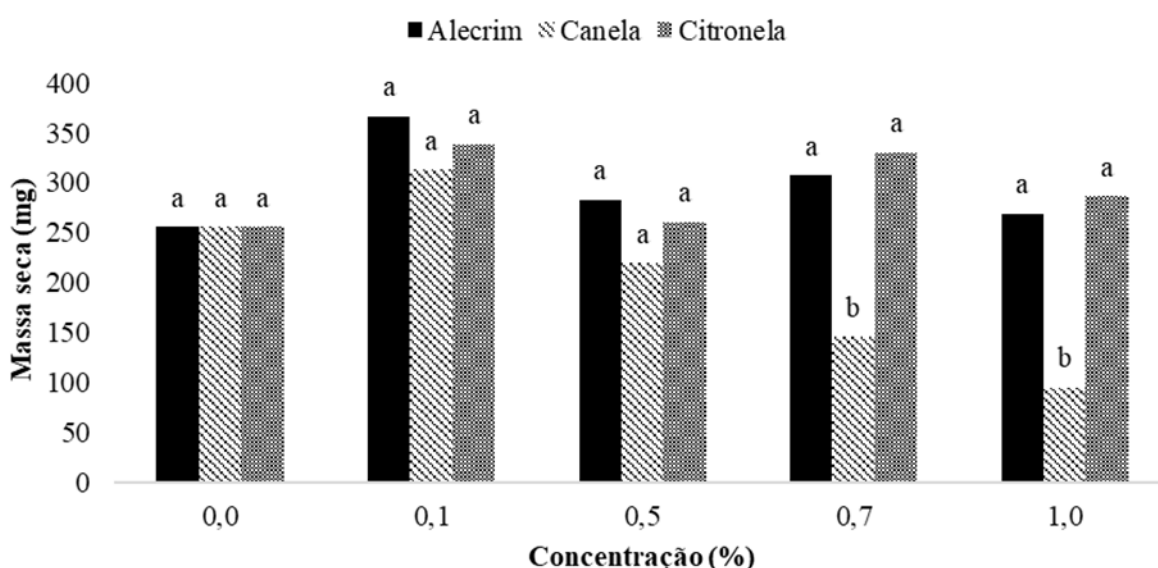


Figura 20. Massa seca (mg) de sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais comparados dentro de cada concentração.

Para a característica de massa seca das plântulas (Figura 20), observaram-se diferenças significativas entre os óleos essenciais apenas nas concentrações de 0,7% e 1,0%. Em ambas as concentrações, os óleos essenciais de alecrim-pimenta e citronela apresentaram os maiores valores de massa seca, não diferindo estatisticamente entre si, enquanto o óleo essencial de canela apresentou os menores valores.

O maior acúmulo de massa seca observado nas plântulas provenientes de sementes tratadas com os óleos essenciais de alecrim-pimenta e citronela indica que esses tratamentos favoreceram o crescimento inicial e a produção de biomassa,

refletindo maior vigor das plântulas. Esse comportamento pode estar relacionado à ação dos compostos majoritários presentes nesses óleos. No alecrim-pimenta, a elevada concentração de timol (65,56%), associada ao *p*-cimeno e ao β -cariofileno, pode ter reduzido a incidência de microrganismos associados às sementes, preservando a integridade fisiológica e favorecendo o acúmulo de matéria seca (BAKKALI et al., 2008; BURT, 2004).

Para o óleo essencial de citronela, a presença de citronelal (36,78%), geraniol (22,82%) e citronelol (18,46%) provavelmente contribuiu para a manutenção do desenvolvimento das plântulas. Esses monoterpenos apresentam reconhecida atividade antimicrobiana e antioxidante, reduzindo o estresse fisiológico durante a germinação e favorecendo o crescimento vegetal, o que se refletiu no maior acúmulo de biomassa nas concentrações mais elevadas (HYLDGAARD; MYGIND; MEYER, 2012).

Em contrapartida, a redução significativa da massa seca observada para o óleo essencial de canela nas concentrações de 0,7% e 1,0% sugere efeito fitotóxico decorrente da elevada concentração de trans-cinamaldeído (83,46%). Embora esse composto apresente elevada atividade antifúngica, concentrações mais elevadas podem comprometer o metabolismo celular, interferindo na divisão e expansão celular e reduzindo o acúmulo de biomassa pelas plântulas (ALVES et al., 2004; MONTEIRO et al., 2014).

Teste de Sanidade

Tabela 2 - Incidência de *Aspergillus flavus* spp. em sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais em concentrações, comparados na interação entre os fatores.

Óleo essencial	Concentração (%)			
	0,1	0,5	0,7	1,0
Alecrim pimenta	1,8 Aa ²	1,8 Aa	1,0 Aa	1,0 Aa
Canela	1,0 Aa	1,0 Aa	1,0 Aa	1,0 Aa
Citronela	1,0 Aa	1,0 Aa	1,0 Aa	1,0 Aa
CV (%) ¹	51,4			

¹CV: coeficiente de variação.

² $\sqrt{(Y + 1,0)}$

³Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Incidência de *Penicillium* spp. em sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais em concentrações, comparados na interação entre os fatores.

Óleo essencial	Concentração (%)			
	0,1	0,5	0,7	1,0
Alecrim pimenta	1,8 Aa	1,0 Aa	1,0 Aa	1,0 Aa
Canela	1,0 Aa	1,0 Aa	1,0 Aa	1,0 Aa
Citronela	1,0 Aa	1,0 Aa	1,0 Aa	1,0 Aa
CV (%) ¹	38,6			

¹CV: coeficiente de variação.

² $\sqrt{(Y + 1,0)}$

³Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Incidência de *Fusarium* spp. em sementes de abóbora tratadas com óleos essenciais em concentrações, comparados na interação entre os fatores.

Óleo essencial	Concentração (%)			
	0,1	0,5	0,7	1,0
Alecrim pimenta	6,6 Bc ²	5,7 Bc	0,0 Aa	0,0 Aa
Canela	0,0 Aa	0,0 Aa	0,0 Aa	0,0 Aa
Citronela	5,4 Bb	0,0 Aa	0,0 Aa	0,0 Aa
CV (%) ¹	27,8			

¹CV: coeficiente de variação.

² $\sqrt{(Y + 0,5)}$

³Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados do teste de sanidade das sementes de abóbora demonstraram a ocorrência de três fungos associados às sementes: *Aspergillus flavus*, *Penicillium* spp. e *Fusarium* spp. (Tabelas 2, 3 e 4). Para *Aspergillus flavus* e *Penicillium* spp. não foi observada interação significativa entre os óleos essenciais e as concentrações avaliadas, indicando que os tratamentos não diferiram quanto à incidência desses patógenos. As médias de incidência foram baixas, variando entre 1,0 e 1,8%, evidenciando reduzida ocorrência desses fungos nas sementes analisadas.

Os coeficientes de variação obtidos para *Aspergillus flavus* (51,4%) e *Penicillium* spp. (38,6%) podem ser considerados elevados. Entretanto, esses

valores são compatíveis com avaliações fitossanitárias em que a incidência dos patógenos é muito baixa. Segundo Pimentel-Gomes (2009), a interpretação do coeficiente de variação deve considerar a natureza da variável avaliada, sendo comum a ocorrência de valores elevados quando as médias são reduzidas. Além disso, a distribuição naturalmente heterogênea dos fungos nos lotes de sementes pode contribuir para o aumento da variabilidade experimental, sem comprometer a confiabilidade dos resultados (MACHADO, 2000).

Para *Fusarium* spp. foi observada interação significativa entre os óleos essenciais e as concentrações (Tabela 4), demonstrando que a resposta dos tratamentos variou em função da concentração utilizada. O óleo essencial de canela apresentou controle total do patógeno em todas as concentrações avaliadas. O óleo essencial de citronela promoveu controle completo a partir da concentração de 0,5%, enquanto o óleo essencial de alecrim-pimenta apresentou controle total a partir de 0,7%. Esses resultados evidenciam o potencial antifúngico dos três óleos essenciais, com destaque para a canela, que apresentou maior eficiência mesmo na menor concentração avaliada.

O coeficiente de variação obtido para *Fusarium* spp. (27,8%) foi inferior aos observados para *Aspergillus flavus* e *Penicillium* spp., indicando menor variabilidade experimental e maior uniformidade dos resultados. Esse comportamento pode estar relacionado à maior incidência inicial desse patógeno e à resposta consistente dos tratamentos, permitindo discriminar de forma mais eficiente os efeitos dos óleos essenciais sobre o controle do fungo (PIMENTEL-GOMES, 2009).

A elevada eficiência observada para o óleo essencial de canela pode ser atribuída à alta concentração de trans-cinamaldeído (83,46%), principal constituinte químico desse óleo, composto reconhecido por promover alterações na permeabilidade da membrana plasmática dos fungos e inibir seu crescimento. Da mesma forma, o controle proporcionado pelos óleos de alecrim-pimenta e citronela está provavelmente relacionado à presença de timol, citronelal, geraniol e citronelol, metabólitos secundários com reconhecida atividade antifúngica descrita na literatura (BAKKALI et al., 2008; BURT, 2004; NGUEFACK et al., 2008).

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que os óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*) e citronela (*Cymbopogon citratus*) apresentam potencial para utilização no tratamento de sementes de abóbora paulista (*Cucurbita moschata* Duch.), influenciando de maneira distinta a qualidade fisiológica e sanitária das sementes.

No que se refere à qualidade fisiológica, o óleo essencial de alecrim-pimenta apresentou o melhor desempenho geral, promovendo maior vigor das sementes, melhor desenvolvimento inicial das plântulas e resultados superiores para as características morfológicas avaliadas. O óleo essencial de citronela destacou-se por favorecer os maiores percentuais de germinação final e maior acúmulo de massa seca das plântulas, indicando potencial para estimular o estabelecimento inicial da cultura quando utilizado em concentrações adequadas. Em contrapartida, o óleo essencial de canela em concentrações mais elevadas reduz a germinação e o desenvolvimento das plântulas, evidenciando efeito fitotóxico associado, provavelmente, à elevada concentração de trans-cinamaldeído presente em sua composição química.

Em relação à qualidade sanitária, os três óleos essenciais demonstraram eficiência no controle de *Fusarium* spp.. O óleo essencial de canela promoveu controle completo do patógeno em todas as concentrações avaliadas, enquanto os óleos essenciais de citronela e alecrim-pimenta apresentaram controle total a partir das concentrações de 0,5% e 0,7%, respectivamente. Para *Aspergillus flavus* e *Penicillium* spp., não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, fato que pode ser atribuído à baixa incidência inicial desses fungos no lote de sementes utilizado.

Considerando conjuntamente os parâmetros fisiológicos e sanitários avaliados, conclui-se que o óleo essencial de alecrim-pimenta apresentou o melhor desempenho global, reunindo elevada eficiência fisiológica e satisfatório controle sanitário, configurando-se como a alternativa mais promissora para o tratamento de sementes de abóbora paulista.

Por fim, recomenda-se a realização de estudos complementares visando avaliar o desempenho desses óleos essenciais em condições de campo, sua persistência durante o armazenamento das sementes, e a eficiência frente a outros

patógenos de importância agrícola, bem como o desenvolvimento de formulações que aumentem sua estabilidade e reduzam a volatilidade dos compostos ativos. Tais estudos contribuirão para consolidar o uso de óleos essenciais como ferramenta viável, segura e ambientalmente sustentável no tratamento de sementes.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. **Agroecology and the emergence of a post COVID-19 agriculture**. *Agriculture and Human Values*, Dordrecht, v. 37, p. 525–526, 2020.
- ALVES, M. C. S.; MEDEIROS FILHO, S.; INNECCO, R.; TORRES, S. B. **Alelopatia de óleos essenciais sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas**. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 6, n. 3, p. 33–39, 2004.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. **Biological effects of essential oils – A review**. *Food and Chemical Toxicology*, Oxford, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. **Controle biológico de doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009.
- BRITO, N. M.; PEREIRA, M. C.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. L. M. **Efeito de óleos essenciais na germinação e no desenvolvimento de plântulas de mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.)**. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 2, p. 90–96, 2010.
- BURT, S. **Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods**. *International Journal of Food Microbiology*, v. 94, p. 223–253, 2004.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.
- EMBRAPA. **Sistema de produção de cucurbitáceas**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2010.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The impact of disasters and crises on agriculture and food security**. Rome: FAO, 2021.
- FAOSTAT. **FAOSTAT Statistical Database: Crops and livestock products**. Rome: FAO, 2024.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013.
- FONTES, P. C. R. **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2005.
- BURT, S. **Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods**. *International Journal of Food Microbiology*, v. 94, p. 223–253, 2004.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2017: resultados – agricultura**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IFOAM – INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS. **The IFOAM norms for organic production and processing**. Bonn: IFOAM, 2018.

ISMAN, M. B. **Botanical insecticides in the twenty-first century—Fulfilling their promise?** *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v. 65, p. 233–249, 2020.

KOHIYAMA, C. Y.; MACHADO, A. R.; FERREIRA, F. M.; SILVA, E. A. **Antifungal activity of essential oils against phytopathogenic fungi**. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 3, p. 1543–1554, 2015.

MACHADO, J. C. **Tratamento de sementes no controle de doenças**. Lavras: UFLA, 2000.

MADEIRA, Nuno Rodrigo et al. *Sistema de produção de cucurbitáceas para agricultura familiar*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Anuário estatístico da agricultura brasileira**. Brasília: MAPA, 2022.

MAZZAFERA, P.; GONÇALVES, K. V.; PEREIRA, L. F. P. **Efeito de compostos fenólicos na germinação de sementes**. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 25, n. 2, p. 1–7, 2003.

MONTEIRO, F. P.; CARVALHO, D. D. C.; ALVES, E.; CARVALHO, D. D. **Controle de *Aphelenchoides besseyi* em sementes de *Brachiaria brizantha* com óleos essenciais**. *Nematologia Brasileira*, v. 38, n. 1, p. 1–7, 2014.

NAKADA-FREITAS, P. G.; SILVA, J. B.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. L. M. **Óleos essenciais no tratamento de sementes**. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 45, n. 2, p. 1–10, 2022.

NGUEFACK, J.; LETH, V.; AMVAM ZOLLO, P. H.; MATHUR, S. B. **Antifungal activity of essential oils and their components against fungal pathogens**. *Journal of Applied Microbiology*, v. 104, p. 103–112, 2008.

OLIVEIRA, J. A.; SÁ, M. E. **Tratamento de sementes com produtos alternativos**. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 36, n. 1, p. 1–10, 2014.

OSÓRIO, A. C.; SILVA, J. B.; SOUZA, M. F.; OLIVEIRA, J. A. **Composição química e atividade antifúngica do óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.)**. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 21, n. 1, p. 1–9, 2019.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2012.

PIGNATI, W. A.; LIMA, F. A. N. S.; LARA, S. S.; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, L. H. C.; PIGNATI, M. G. **Uso de agrotóxicos e impactos na saúde**

humana: uma revisão sistemática. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 327–338, 2017.

PIMENTEL-GOMES, Frederico. **Curso de estatística experimental.** 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009.

REGNIER, T.; COMBRINCK, S.; DU PLOOY, W.; BOTH, B. **Efficacy of essential oils against plant pathogens.** *Crop Protection*, v. 34, p. 32–37, 2012.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos.** Campinas: UNICAMP, 2011.

ROMERO, A. L.; SILVA, J. B.; SOUZA, M. F.; OLIVEIRA, J. A. **Atividade antimicrobiana de óleos essenciais de plantas medicinais.** *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 14, n. 1, p. 1–8, 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001.

SOUZA, R. M.; MACHADO, J. C.; OLIVEIRA, J. A.; PITANGUI, N. S. **Uso de extratos vegetais no tratamento de sementes.** *Fitopatologia Brasileira*, v. 32, n. 2, p. 1–7, 2007.

TEIXEIRA, M. L.; SOUZA, M. F.; SILVA, J. B.; OLIVEIRA, J. A. **Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre fungos fitopatogênicos.** *Revista Verde*, v. 8, n. 3, p. 1–6, 2013.