

ANA PAULA DE FREITAS COELHO

**CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE CAFÉ ARÁBICA TRATADAS COM ÓLEOS
ESSENCIAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Eduardo Fontes Araujo

Coorientadores: Roberto Fontes Araujo
Marcelo Ribeiro de Freitas
Antônio Policarpo Carneiro

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

C672c
2024
Coelho, Ana Paula de Freitas, 1991-
Conservação de sementes de café arábica tratadas com
óleos essenciais / Ana Paula de Freitas Coelho. – Viçosa, MG,
2024.

1 tese eletrônica (86 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Eduardo Fontes Araujo.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Agronomia, 2024.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.011>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Café - Sementes - Armazenamento. 2. Café - Sementes -
Fisiologia. 3. Café - Sementes - Qualidade. 4. Plantas
medicinais. 5. Essências e óleos essenciais. I. Araujo, Eduardo
Fontes, 1957-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento
de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.
III. Título.

CDD 22. ed. 633.7321

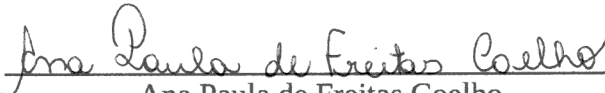
ANA PAULA DE FREITAS COELHO

**CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE CAFÉ ARÁBICA TRATADAS COM ÓLEOS
ESSENCIAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 04 de janeiro de 2024.

Assentimento:



Ana Paula de Freitas Coelho
Autora



Eduardo Fontes Araujo
Orientador

BIOGRAFIA

ANA PAULA DE FREITAS COELHO, filha de Maria Auxiliadora de Freitas Coelho e José Paulo Coelho, nasceu em Guidoal, Minas Gerais, no dia 11 de junho de 1991.

Entre 2010 e 2016 graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa. Nesse período estagiou nos Departamentos de Biologia, Solos e Economia Rural, foi monitora de disciplinas dos cursos da graduação, foi bolsista de Iniciação Científica, foi bolsista do Programa Ciências Sem Fronteiras e membro da Empresa Júnior AgroPlus.

Em 2016 atuou como bolsista de apoio técnico nos projetos do Consórcio Pesquisa Café pela EPAMIG-Sudeste.

Em 2017 ingressou no Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, na área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, pelo Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, obtendo título de Magister *Scientiae* em fevereiro de 2019.

Em 2020 ingressou no Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, na área de Sementes e Propagação Vegetativa, pelo Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se aos exames de defesa da tese para obtenção do título de *Doctor Scientiae* em 04 de janeiro de 2024.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter guiado meus passos nessa jornada e me reservado tantas bênçãos.

Ao papai e à mamãe, por serem minha base e por torcerem para que eu realizasse meus objetivos. Vocês são meus exemplos de perseverança!

Aos meus irmãos André, Angélica e Amanda, pelas alegrias e companheirismo desde os tempos da infância. À minha sobrinha Maria Júlia, a alegria da família. Vocês quatro são minha definição de amor incondicional!

Ao meu marido Edilson, pelo amor, apoio, carinho e motivação. Obrigada pela cumplicidade que vivenciamos desde o dia em que nos conhecemos!

Ao professor Eduardo, pela oportunidade, orientação, paciência, confiança e compartilhamento de sua sabedoria. Meus sinceros agradecimentos!

Ao pesquisador Marcelo, pela idealização do projeto, orientação e fornecimento das sementes de café usadas nesta pesquisa. Meus sinceros agradecimentos!

Aos coorientadores pesquisador Roberto Fontes e professor Antônio Policarpo, pela orientação e apoio. Meus sinceros agradecimentos!

Aos colegas e amigos que venho somando desde os tempos da graduação.

Aos demais que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

À querida professora Flavia Maria da Silva Carmo, que me inseriu na pesquisa científica e que tanto me inspirou. Que a sua alegria contagie as outras estrelas aí no céu!

Aos demais professores da Universidade Federal de Viçosa, pelos ensinamentos durante todos esses anos de formação profissional.

À Universidade Federal de Viçosa, que sediou grande parte da minha vida, pelas experiências e oportunidades que fizeram de mim uma *Doctor Scientiae*.

À EPAMIG, pela infraestrutura e apoio de seus colaboradores.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

*Era o terceiro dia da criação,
quando já tinha separado a noite do dia,
a terra das águas,
que então Deus disse:
“-Produza a terra erva verde, erva que dê semente,
árvore frutífera que dê fruto segundo a sua espécie,
cuja semente está nela sobre a terra...”*

*E assim a terra produziu erva,
erva dando semente conforme a sua espécie,
e a árvore frutífera,
cuja semente está nela conforme a sua espécie;*

*Creio nesse registro bíblico milenar,
e testemunho nesse pequeno espaço
a generosidade de Deus ao criar as sementes.
Essa obra tão pequena, mas que traz consigo o
o dom de propagar a vida sobre a terra;
o privilégio de alimentar homens e animais;
a missão de definir os primeiros povos,
transformando nômades em sedentários;
a capacidade de gerar trabalho e riqueza;
a serenidade de nos mostrar que as vezes é preciso
apenas esperar;
e que com fé também cumprimos nossa missão sobre
essa terra.*

*Bendito seja Adonai pela criação das sementes.
Essa obra que julgo tão perfeita e complexa.
Quanta honra em ter na profissão o propósito de
desvendar os seus mistérios...*

*Autorreflexão
Gênesis 1:11-13
Bíblia Sagrada*

RESUMO

COELHO, Ana Paula de Freitas, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2024. **Conservação de sementes de café arábica tratadas com óleos essenciais.** Orientador: Eduardo Fontes Araujo. Coorientadores: Roberto Fontes Araujo, Marcelo Ribeiro de Freitas e Antônio Policarpo Carneiro.

O controle de fungos associados às sementes de café arábica (*Coffea arabica* L.) armazenadas é um desafio para os produtores de sementes e viveiristas, pois não há registro de defensivos químicos recomendados para a cultura e os produtos alternativos são escassos ou as informações de uso são incipientes. Além disso, elas possuem tolerância intermediária à dessecação e temperaturas baixas, dificultando a conservação simultânea das características fisiológicas e sanitárias durante o armazenamento. Alguns óleos essenciais, extraídos de plantas medicinais e aromáticas, podem conter compostos bioativos com ação bactericida, inseticida e/ou fungicida com aplicabilidade no tratamento de sementes, contanto que não prejudiquem a qualidade fisiológica. Objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade fisiológica e a qualidade sanitária das sementes de café arábica, tratadas com diferentes óleos essenciais, durante o armazenamento. Nos testes de qualidade fisiológica de teor de água, germinação, prostrusão radicular, envelhecimento acelerado, características morfológicas do eixo hipocótilo-radícula (comprimento e massa seca) adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com fatorial 8 x 5, sendo seis tipos de óleo essencial, um fungicida sintético e um controle, por cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses), com três repetições. Enquanto nos testes de emergência e índice de velocidade de emergência em leito de areia adotou-se o delineamento em blocos, com fatorial 8 x 4, sendo seis tipos de óleo essencial, um fungicida sintético e um controle, por quatro tempos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 meses), com três repetições. Para a avaliação da qualidade sanitária foi utilizado o teste de *Blotter*, adotando-se o delineamento em blocos, com fatorial 8 x 5, sendo seis tipos de óleo essencial, um fungicida sintético e um controle, por cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses), com três repetições. Foram avaliados o OE extraído de seis espécies medicinais e aromáticas (*Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* e *Melaleuca alternifolia*), aplicados na concentração de 1%, diretamente sobre sementes com pergaminho, com 25% de teor de água. Para controle, foi usado o fungicida sintético TECTO[®], na dosagem de 1 ml kg⁻¹, e uma amostra sem tratamento, que recebeu apenas 5 ml de água destilada. As sementes tratadas

foram acondicionadas em embalagem plástica (0,12 milímetros) e armazenadas em câmara fria (13 ± 2 °C e UR=70%) por 12 meses. Os resultados da qualidade fisiológica foram submetidos à análise de variância, sendo o efeito do fator tratamento comparado pelo teste *Dunnnett* e o efeito do fator tempo analisado por regressão, ambos a 5% de probabilidade. Os dados de qualidade sanitária foram submetidos à análise estatística descritiva. As sementes tratadas com os óleos essenciais extraídos de *Rosmarinus officinalis* e *Cymbopogon winterianus* conservam a germinação e o vigor por nove meses de armazenamento. Os óleos essenciais extraídos de *Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* e *Melaleuca alternifolia* controlaram os fungos de armazenamento, *Aspergillus* e *Rhizopus*, e dos fungos de campo, *Cladosporium* e *Fusarium*, em sementes de café arábica por doze meses, mas não controlam os fungos de armazenamento do gênero *Penicillium* nas condições avaliadas.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L. Plantas Medicinais e Aromáticas. Qualidade Fisiológica. Qualidade Sanitária. Tratamento de Sementes.

ABSTRACT

COELHO, Ana Paula de Freitas, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January, 2024. **Conservation of arabica coffee seeds treated with essential oils.** Adviser: Eduardo Fontes Araujo. Co-advisers: Roberto Fontes Araujo, Marcelo Ribeiro de Freitas and Antônio Policarpo Carneiro.

The control of fungi associated with stored arabica coffee seeds (*Coffea arabica* L.) is a challenge for seed producers and nurseries, as there is no record of chemical pesticides recommended for the crop and alternative products are scarce or information on their use are incipient. Furthermore, they have intermediate tolerance to desiccation and low temperatures, making it difficult to simultaneously preserve physiological and sanitary characteristics during storage. Some essential oils, extracted from medicinal and aromatic plants, may contain bioactive compounds with bactericidal, insecticidal and/or fungicidal action with applicability in seed treatment, as long as they do not harm the physiological quality. The objective of this work was to evaluate the physiological quality and sanitary quality of arabica coffee seeds, treated with different essential oils, during storage. In the physiological quality tests of water content, germination, root protrusion, accelerated aging, morphological characteristics of the hypocotyl-radicle axis (length and dry mass), a completely randomized experimental design was adopted, with an 8 x 5 factorial, with six types of essential oil, a synthetic fungicide and a control, for five storage times (0, 3, 6, 9 and 12 months), with three replications. While in the emergency tests and emergency speed index on a sand bed, a block design was adopted, with an 8 x 4 factorial, with six types of essential oil, a synthetic fungicide and a control, for four storage times (3, 6, 9 and 12 months), with three repetitions. To assess sanitary quality, the Blotter test was used, adopting a block design, with an 8 x 5 factorial, with six types of essential oil, a synthetic fungicide and a control, for five storage times (0, 3, 6, 9 and 12 months), with three repetitions. The EO extracted from six medicinal and aromatic species (*Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* and *Melaleuca alternifolia*) was evaluated, applied at a concentration of 1%, directly on seeds with parchment, with 25% of water. For control, the synthetic fungicide TECTO[®] was used, at a dosage of 1 milliliter one milliliter per kilogram, and an untreated sample, which received only 5 milliliters of distilled water. The treated seeds were packed in plastic packaging (0.12 millimeteres) and stored in a cold room (13 ±2 °C and 70% of relative humidity) for 12 months. The physiological quality

results were subjected to analysis of variance, with the effect of the treatment factor compared using the *Dunnnett* test and the effect of the time factor analyzed by regression, both at 5% probability. The health quality data were subjected to descriptive statistical analysis. Seeds treated with essential oils extracted from *Rosmarinus officinalis* and *Cymbopogon winterianus* maintain germination and vigor for nine months of storage. Essential oils extracted from *Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* and *Melaleuca alternifolia* controlled storage fungi, *Aspergillus* and *Rhizopus*, and field fungi, *Cladosporium* and *Fusarium*, in arabica coffee seeds for twelve months, but do not control storage fungi of the genus *Penicillium* under the conditions evaluated.

Keywords: *Coffea arabica* L. Medicinal and Aromatic Plants. Physiological Quality. Sanitary Quality. Seed Treatment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diferenças morfológicas do eixo hipocótilo-radícula em plântulas oriundas de sementes tratadas com óleo essencial de alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i>) (a) e controle (b), aos 9 meses de armazenamento	39
Figura 1 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas após tratamento com óleo essencial de alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	69
Figura 2 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas após tratamento com óleo essencial de capim-cidreira (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	70
Figura 3 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas após tratamento com óleo essencial de citronela (<i>Cymbopogon winterianus</i>)	71
Figura 4 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas após tratamento com óleo essencial de cravo-da-índia (<i>Syzygium aromaticum</i>).....	73
Figura 4 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas após tratamento com óleo essencial de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)	74
Figura 4 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas após tratamento com óleo essencial melaleuca (<i>Melaleuca alternifolia</i>)	75
Figura 7 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas após tratamento com o fungicida químico TECTO®	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações da análise cromatográfica e os respectivos estudos que motivaram a escolhas dos óleos essenciais.....	25
Tabela 2 - Resumo da análise de variância do teor de água (TA), protrusão radicular (PRO), germinação (TG), envelhecimento acelerado (EA), comprimento do eixo hipocótilo-raiz (CHR) e massa seca do eixo hipocótilo-raiz (MHR) de sementes de café arábica tratadas (T) e armazenadas (M)	29
Tabela 3 - Resumo da análise de variância da emergência em leito de areia (EME) e do índice de velocidade de emergência em leito de areia (IVE) de sementes de café arábica tratadas (T) e armazenadas (M).....	30
Tabela 4 – Médias do teste de teor de água (%) em sementes de café arábica, de acordo com os tratamentos e os tempos de armazenamento	31
Tabela 5 – Médias do teste de germinação (%) em sementes de café arábica, de acordo com os tratamentos e os tempos de armazenamento	33
Tabela 6 – Médias do teste de protrusão radicular (%) em sementes de café arábica, de acordo com os tratamentos e os tempos de armazenamento	35
Tabela 7 – Médias do teste de envelhecimento acelerado (%) em sementes de café arábica, de acordo com os tratamentos e os tempos de armazenamento	36
Tabela 8 – Médias dos testes de comprimento do eixo hipocótilo-raiz (mm plântula ⁻¹) e massa seca do eixo hipocótilo-raiz (mg plântula ⁻¹) em sementes de café arábica, de acordo com os tratamentos e os tempos de armazenamento.....	38
Tabela 9 – Médias dos testes de emergência em leito de areia (%) e do índice de velocidade de emergência em sementes de café arábica, de acordo com os tratamentos e os tempos de armazenamento.....	40
Tabela 10 - Equações ajustadas de regressão das variáveis de germinação e de vigor em sementes de café arábica armazenadas, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2/r^2) e os valores máximos ajustados (\hat{Y}) para o tempo de armazenamento (M^0)	42
Tabela 1 – Informações da análise cromatográfica e os respectivos estudos que motivaram a escolhas dos óleos essenciais.....	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	13
1.1 Organização da tese.....	15
REFERÊNCIAS	15
CAPÍTULO I	17
RESUMO	17
ABSTRACT	19
1 INTRODUÇÃO	21
2 MATERIAL E MÉTODOS	23
2.1 Colheita, processamento e beneficiamento das sementes.....	23
2.2 Definição, obtenção e aplicação dos tratamentos	24
2.3 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes	26
2.4 Delineamento experimental	28
2.5 Análises estatísticas	29
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4 CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS	47
CAPÍTULO II	55
RESUMO	55
ABSTRACT	57
1 INTRODUÇÃO	59
2 MATERIAL E MÉTODOS	62
2.1 Colheita, processamento e beneficiamento das sementes.....	62
2.2 Definição, obtenção e aplicação dos tratamentos	63
2.3 Avaliação da qualidade sanitária das sementes	65
2.4 Delineamento experimental	66
2.5 Análises estatísticas	66
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4 CONCLUSÕES	78
REFERÊNCIAS	78
CONSIDERAÇÕES GERAIS	86

1 INTRODUÇÃO GERAL

A cafeicultura tem de grande importância socioeconômica no Brasil, pois o país é o maior produtor e exportador de café do mundo. Em 2023 foram produzidas, aproximadamente, 39 milhões de sacas beneficiadas do café arábica (*Coffea arábica*), segundo o levantamento anual realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023). Para manter a liderança no mercado internacional e atender as perspectivas de aumento da demanda por essa *comoditie*, os viveiristas devem garantir a oferta de mudas com qualidade para o estabelecimento de lavouras sadias e de alto potencial produtivo.

A técnica mais comum de propagação do café arábica é pela via seminífera, em que as sementes são extraídas de frutos maduros colhidos em matrizes que reúnem características genéticas de interesse. Entre a colheita e a época mais adequada à semeadura, as sementes precisam permanecer armazenadas. Os fungos são considerados os principais microrganismos promotores da deterioração de sementes e outros produtos agrícolas armazenados (Golldfarb; Queiroga, 2013). Mesmo diante da importância do café para a economia do Brasil, não há registros de fungicidas químicos recomendados para o tratamento de sementes dessa cultura no Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA), pela plataforma AGROFIT (AGROFIT, 2023). A ausência dessa categoria de defensivo dificulta a rotina dos produtores de sementes e viveiristas, sendo agravada pelo fato de muitos deles não possuírem câmaras frias na propriedade (Riccioni *et al.*, 2019).

As consequências do uso indiscriminado de defensivos agrícolas, usados intensivamente para mitigar os danos causados por pragas e doenças nas últimas décadas, têm motivado a busca por alternativas que ofereçam menos riscos ao meio ambiente e à saúde humana. A substituição dos produtos sintéticos por produtos naturais pode gerar os mesmos resultados, ou até superiores, no controle dos fitopatógenos, assegurando o rendimento da cultura e reduzindo a contaminação humana e ambiental (Machado, 2000; Ribeiro *et al.*, 2016). Segundo Prakash *et al.* (2012), os princípios ativos de origem vegetal têm sido cada vez mais explorados na agricultura em razão de propriedades inseticida, bactericida e fungicida comprovadas cientificamente em diversos estudos.

Dentre os produtos naturais com potencial de uso na agricultura destacam-se os óleos essenciais, que são produzidos pelo metabolismo secundário vegetal, em resposta às interações ecológicas da planta com o meio ambiente no qual ela está inserida (Taiz; Zeiger, 2013). Os óleos essenciais apresentam caráter lipofílico, são voláteis e quase sempre possuem aroma marcante. A estrutura química, composta por átomos de hidrogênio, carbono e

oxigênio, tende a ser complexa em razão do tamanho das cadeias e da reatividade entre elas. Tal complexidade e diversidade na composição química contribuem para um amplo espectro de ação no controle de microrganismos, além de dificultar a ocorrência de mutações que confirmam resistência genética aos princípios ativos dos óleos essenciais (Vizzotto; Krolow e Weber, 2010; Montanari, 2010).

Muitos estudos confirmam a eficiência dos óleos essenciais no controle de fungos em sementes de culturas agrícolas de importância econômica, sem prejudicar a qualidade fisiológica. Em contrapartida, os efeitos do uso de OE no tratamento fungicida sementes de café armazenadas ainda não são conhecidos. Ressalta-se que antes da recomendação do tratamento de sementes com determinado óleo essencial é necessário verificar, concomitantemente, a eficácia do controle dos fitopatógenos incidentes e as possíveis interações bioquímicas com as sementes da espécie agrícola, pois há o risco de fitoxidez (Duke *et al.*, 2002).

O teor de água das sementes também interfere na velocidade de deterioração após a colheita, sendo a secagem uma etapa essencial para adequá-lo aos níveis seguros para o armazenamento. No entanto, as sementes de café arábica são classificadas como intermediárias em relação à tolerância à dessecação, isto é, toleram menos a perda de água e o armazenamento em baixas temperaturas que as sementes ortodoxas (Ellis; Hong; Roberts, 1990; Dussert *et al.*, 2018). Essa particularidade faz com que essas sementes sejam armazenadas com teores de água mais elevados, quando comparadas às sementes de outras grandes culturas, como as de soja e milho.

Diante do exposto, percebe-se que a inexistência de produtos registrados para o tratamento fungicida e a sensibilidade à dessecação dificultam a conservação simultânea das características fisiológicas e sanitárias de sementes de café arábica durante o armazenamento. Como os óleos essenciais apresentam potencial para o controle de fungos em sementes de outras espécies agrícolas, sem interferir na qualidade fisiológica, além de serem seguros ao meio ambiente e aos seres humanos, podem ser uma alternativa para produtores de sementes de café e viveiristas.

Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo avaliar, durante o armazenamento, a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de café arábica tratadas com diferentes óleos essenciais, extraídos de plantas medicinais e aromáticas conhecidas no país.

1.1 Organização da tese

A presente tese segue uma organização em dois capítulos. O Capítulo I apresenta uma introdução abrangente que justifica o desenvolvimento de pesquisas que avaliam o potencial do uso de óleos essenciais, extraídos de plantas medicinais e aromáticas, no tratamento fungicida de sementes de café arábica, durante o armazenamento. Para isso, foram incorporadas considerações pertinentes sobre a necessidade de se avaliar o efeito desses metabólicos secundários sobre a qualidade fisiológica dessas sementes. No Capítulo II, o enfoque é dado aos aspectos da qualidade sanitária das sementes, cujas considerações são complementares às do Capítulo I, no qual foram incorporadas informações pertinentes sobre a eficácia dos óleos essenciais avaliados no controle dos fungos, de armazenamento e de campo, recorrentes em sementes de café arábica. Por fim, serão apresentadas algumas considerações gerais a partir da análise conjunta dos resultados dos aspectos fisiológicos e sanitários que foram encontrados nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em:

<http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 16/12/2023

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília, DF: CLAV: DNDV: SNDA: MA. 2009. 399 p.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Café - Acompanhamento da Safra Brasileira**. Safra 2023, v. 10, n. 4 - quarto levantamento, Brasília, p. 1-49. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cafes>>. Acesso em: 03 de janeiro de 2024.

DUKE, S. O.; DAYAN, F. E.; RIMANDO, A. M.; SCHRADER, K. K.; ALIOTTA, G.; OLIVA, A.; ROMAGNI, J. G. Chemicals from nature for weed management. **Weed Science**, v. 2, n. 50, p. 138-151, 2002.

DUSSERT, S.; SERRET, J.; BASTOS-SIQUEIRA, A.; MORCILLO, F.; DÉCHAMP, E.; ROFIDAL, V.; LASHERMES, P.; ETIENNE, H.; JOËT, T. Integrative analysis of the late maturation programme and desiccation tolerance mechanisms in intermediate coffee seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 69, n. 7, p. 1583-1597, 2018.

ELLIS, R. H; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behaviour? **Journal Experimental Botany**, v. 41, n. 9, p. 1167-1174, 1990.

GOLDFARB, M.; QUEIROGA, V. D. P. Considerações sobre o armazenamento de sementes. **Tecnologia & Ciência Agropecuária** v. 7, n. 3, p. 71-74, 2013.

MACHADO, J. C. **Tratamento de sementes no controle de doenças**. Lavras: Laps/Ufla/Faepe, v. 200, 2000. 138 p.

MONTANARI, R. M. **Composição química e atividades biológicas dos óleos essenciais de espécies de Anacardiaceae, Siparunaceae e Verbenaceae**. Tese, Universidade Federal de Viçosa, 2010. 173 p.

PRAKASH, B.; SINGH, P.; KEDIA, A.; SINGH, A.; DUBEY, N. K. Efficacy of essential oil combination of curcuma longa l. and *Zingiber officinale* rosc. As apotharvest fungitoxicant, aflatoxin inhibitor and antioxidant agent. **Journal of Food Safety**, v. 32, n. 3, p. 279-288, 2012.

RIBEIRO, M. D. F.; SOUZA, G. A.; ARAÚJO, E. F.; PIRES, R. M. D. O.; MARTINEZ, P. A. H.; PINTO, C. L. O.; DONZELES, S. M. L. Alternative methods of biological control in maintaining the viability of stored coffee seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 10, p. 818-824, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10491>

RICCIONI, L.; ORZALI, L.; ROMANI, M.; ANNICCHIARICO, P.; PECETTI, L. Organic seed treatments with essential oils to control *Ascochyta blight* in pea. **European Journal of Plant Pathology**, v. 155, n. 3, p. 831-840, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª edição. São Paulo: Editora Artmed, 2013. 918 p.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C. R.; WEBER, G. E. B. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. **Documentos**, Embrapa Clima Temperado, n. 316, 2010. 16 p.

CAPÍTULO I

CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CAFÉ ARÁBICA TRATADAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS

RESUMO

A conservação de sementes de café arábica (*Coffea arabica* L.) é fundamental para a produção de mudas vigorosas e sadias; entretanto, elas possuem tolerância intermediária à dessecação e à baixas temperaturas, além de não ter produtos fitossanitários recomendados para o tratamento fungicida. Alguns óleos essenciais, extraídos de plantas medicinais e aromáticas, podem conter compostos bioativos com ação bactericida, inseticida e/ou fungicida com aplicabilidade no tratamento de sementes, contanto que não prejudiquem a qualidade fisiológica. Objetivou-se com este trabalho avaliar, durante o armazenamento, a qualidade fisiológica das sementes de café arábica tratadas com diferentes óleos essenciais. Para os testes de germinação, protrusão radicular, envelhecimento acelerado, comprimento e massa seca do eixo hipocótilo-radícula adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com fatorial 8x5; sendo oito produtos (seis tipos de óleo essencial, um fungicida sintético e um controle). por cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses), com três repetições. Para os testes de emergência e índice de velocidade de emergência adotou-se o delineamento em blocos, com fatorial 8x4; sendo os mesmo oito produtos aplicados, por quatro tempos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 meses), com três repetições. Os seis de óleos essenciais (*Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* and *Melaleuca alternifolia*) foram aplicados na concentração de 1%, diretamente sobre sementes com pergaminho. Para comparação, foi usado o fungicida sintético TECTO®, na dosagem de 1 ml kg⁻¹, e uma amostra controle, sem tratamento, que recebeu apenas 5 ml de água destilada. Após tratadas, as sementes foram acondicionadas em embalagem plástica (0,12 milímetros) e armazenadas em câmara fria (13 ±2 °C e UR=70%), por 12 meses. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e quando pertinentes, foi utilizado o teste de médias *Dunnett* e análise de regressão, ambos a 5% de probabilidade. Foi observado interação significativa entre tipo de produto aplicado e tempo de armazenamento para todas as variáveis de qualidade fisiológica. As sementes

tratadas com os óleos essenciais extraídos de *Rosmarinus officinalis* e *Cymbopogon winterianus* conservam a germinação e o vigor por nove meses de armazenamento. O fungicida TECTO® conservou a germinação por nove meses. O modelo matemático polinomial quadrático foi o mais adequado para descrever o comportamento das variáveis de germinação e vigor, exceto para a emergência e o índice de velocidade de emergência, que apresentaram comportamento linear decrescente. Os óleos essenciais de *Rosmarinus officinalis* e *Cymbopogon winterianus* se destacaram na conservação da germinação e do vigor de sementes de café arábica, por nove meses de armazenamento, demonstrando potencial para o uso no tratamento fungicida.

Palavras-Chave: Cafeicultura. Produção de Sementes. Germinação. Vigor. Armazenamento de Sementes.

THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF ARABIC COFFEE SEEDS TREATED WITH ESSENTIAL OILS

ABSTRACT

The conservation of arabica coffee seeds (*Coffea arabica* L.) is essential for the production of vigorous and healthy seedlings; however, they have intermediate tolerance to desiccation and low temperatures, in addition to not having phytosanitary products recommended for fungicidal treatment. Some essential oils, extracted from medicinal and aromatic plants, may contain bioactive compounds with bactericidal, insecticidal and/or fungicidal action with applicability in seed treatment, as long as they do not harm the physiological quality. The objective of this work was to evaluate, during storage, the physiological quality of arabica coffee seeds treated with different essential oils. For the germination, root protrusion, accelerated aging, length and dry mass of the hypocotyl-radicle axis tests, a completely randomized experimental design was adopted, with an 8 x 5 factorial; eight products (six types of essential oil, a synthetic fungicide and a control). for five storage times (0, 3, 6, 9 and 12 months), with three repetitions. For the emergency tests and emergency speed index, a block design was adopted, with an 8x4 factorial; with the same eight products applied, for four storage periods (3, 6, 9 and 12 months), with three repetitions. The six essential oils (*Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* and *Melaleuca alternifolia*) were applied at a concentration of 1%, directly on seeds with parchment. For comparison, the synthetic fungicide TECTO® was used, at a dosage of 1 milliliter per kilogram, and a control sample, without treatment, received only 5 milliliters of distilled water. After being treated, the seeds were placed in plastic packaging (0.12 milimeters) and stored in a cold room (13 ±2 °C and 70% of relative humidity), for up to 12 months. The results were subjected to analysis of variance, and when relevant, the Dunnett mean test and regression analysis were used, both at 5% probability. A significant interaction was observed between the type of product applied and storage time for all physiological quality variables. Seeds treated with essential oils extracted from *Rosmarinus officinalis* and *Cymbopogon winterianus* maintain germination and vigor for nine months of storage. The TECTO® fungicide maintained germination for nine months. The

quadratic polynomial mathematical model was the most appropriate to describe the behavior of the germination and vigor variables, except for emergence and the emergence speed index, which showed decreasing linear behavior. The essential oils of *Rosmarinus officinalis* and *Cymbopogon winterianus* stood out in preserving the germination and vigor of arabica coffee seeds for nine months of storage, demonstrating potential for use in fungicidal treatment.

Keywords: Coffee farming. Seed Production. Germination. Vigor. Seed Storage.

1 INTRODUÇÃO

As sementes são insumos básicos para a produção de alimentos no mundo, pois cerca de 90% das espécies cultivadas com essa finalidade são propagadas pela via seminífera (Goulart, 2018). Diante dessa importância para a segurança alimentar, o padrão de qualidade exigido das sementes abrange atributos físicos, genéticos, sanitários e fisiológicos. A qualidade fisiológica é avaliada a partir de testes padronizados pelas Regras para Análise de Sementes (RAS), disponibilizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2009).

A qualidade fisiológica das sementes é estabelecida no campo, em resposta ao manejo da lavoura e às condições edafoclimáticas. A máxima qualidade é atingida no ponto de maturidade fisiológica das sementes, que coincide com as alterações da coloração e brilho do exocarpo do fruto. A partir desse ponto, a qualidade fisiológica reduz gradativamente, devido às reações degenerativas envolvidas em processos metabólicos vitais, como a respiração, progredindo até a perda total da viabilidade (Marcos Filho, 2015). Isso evidencia a importância da colheita dos frutos com maturação adequada e da eficiência no processamento para que as características fisiológicas da semente sejam conservadas.

No caso do processamento de sementes extraídas de frutos carnosos o manejo pós-colheita deve ser ainda mais eficiente. O alto teor de água do fruto está relacionado com a rápida perda de viabilidade do embrião e deterioração dos tecidos de reserva das sementes, pois há favorecimento as fermentações indesejáveis, principalmente se acondicionados inadequadamente (Afonso Júnior, 2006). As etapas de descascamento e desmucilagem dos frutos de café reduzem os riscos de desenvolvimento dos microrganismos e facilitam a secagem das sementes.

Quanto à secagem de sementes de café arábica, é sabido que apresentam sensibilidade parcial à perda de água, sendo classificadas como intermediárias em relação à tolerância à dessecação por Ellis; Hong e Roberts (1990). As sementes intermediárias tendem a perder rapidamente a viabilidade ao terem a água removida ou serem armazenadas em temperaturas baixas (Dussert *et al.*, 2006). Essa particularidade dificulta a conservação simultânea da qualidade sanitária e fisiológica no armazenamento, pois a presença de água livre favorece a proliferação de microrganismos, insetos e ácaros, porém é necessária para a manutenção da viabilidade do embrião (Golldfarb; Queiroga, 2013).

Analisando a cadeia produtiva de mudas de café arábica em Minas Gerais, constata-se que a colheita dos frutos se concentra nos meses de abril a junho, e o plantio das mudas no

campo ocorre a partir de outubro; portanto, as sementes precisam ser armazenadas por um tempo mínimo de nove meses, antes da semeadura nos viveiros. Portanto, o armazenamento é a etapa mais extensa da produção de sementes de café, e tem como objetivo conservá-las por um período maior, e assim atender a logística de comercialização na época mais adequada à semeadura. A conservação prolongada das sementes de café também contribui para a preservação de bancos de materiais genéticos, bem como a manutenção de estoques reguladores em caso de imprevistos, como geadas, déficit hídrico drástico, entre outros (Ribeiro *et al.*, 2011).

O tratamento de sementes é definido como qualquer processo físico, químico ou biológico que auxilie na conservação durante o armazenamento e nas fases iniciais do estabelecimento das plântulas viveiros ou campo (Menten; Moraes 2010; Silva *et al.*, 2020). Para Goulart (2018), o contato direto entre o produto aplicado e o sítio alvo facilita a execução da operação e reduz a dosagem do princípio ativo, o que é uma grande vantagem econômica e ambiental comparado aos manejos fitossanitários realizados em campo. De acordo com Pinto (2007), os produtos usados no controle de patógenos em sementes devem reunir as seguintes características: causar toxidez ao patógeno, não ser fitotóxico, ter efeito mesmo em condições adversas, não acumular no solo, ser compatível com outros tratamentos, ser seguro ao aplicador e economicamente viável.

No caso de sementes de café, não há registros de fungicidas químicos no Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA) para o tratamento no pré-armazenamento, até o presente momento, pela plataforma AGROFIT (AGROFIT, 2023). Diante dessa ausência, os produtores de sementes de café arábica e viveiristas têm usado produtos não registrados para a cultura (Penido *et al.*, 2021). Sem o conhecimento da dosagem correta, pode ocorrer fitoxidez ou ineficiência da aplicação, além da possibilidade de danos ambientais e de intoxicação aos que manipulam o material tratado.

Os tratamentos fitossanitários com produtos alternativos têm apresentado grande potencial de uso na agricultura, como por exemplo os extratos botânicos e os óleos essenciais, que são produzidos a partir do metabolismo secundário de algumas plantas medicinais e aromáticas (Casali *et al.*, 2015; Ootani *et al.*, 2013). Essas espécies vegetais produzem substâncias, ou classes de substâncias, de interesse humano para usos múltiplos, como terapêuticos, biocidas, adubos verdes, entre outros (Silva *et al.*, 2018). A aplicação de óleos essenciais para o tratamento de sementes vem se intensificando, em razão dos resultados

promissores no controle de insetos, bactérias e fungos, além de atender a demanda do mercado pelo uso de produtos menos tóxicos ao homem e ao meio ambiente.

Para a recomendação da aplicação de determinado óleo essencial em sementes devem ser avaliados, conjuntamente, a eficácia no controle do patógeno e as possíveis fitotoxicidade, ou alopatia após o tratamento. A alopatia, ou alelopatia, é compreendida como a interação entre duas espécies, em que pode haver interferência de uma sobre o desenvolvimento da outra. Sabe-se que alguns constituintes dos óleos essenciais interferem na germinação, seja como promotor ou inibidor do crescimento das plântulas (Duke *et al.*, 2002). Como exemplos de aleloquímicos que podem interferir na germinação têm-se os sesquiterpenos, glicosídeos cianogênicos, alcaloides, flavonoides, ácidos fenólicos, taninos e outros (King; Ambika, 2002; Oliveira, 2011). Entretanto, as informações sobre os efeitos dos óleos essenciais sobre a qualidade fisiológica de sementes de café arábica são incipientes.

Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo avaliar, durante o armazenamento, a qualidade fisiológica de sementes de café arábica tratadas com óleos essenciais, extraídos de plantas medicinais e aromáticas conhecidas no país.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi conduzida durante 15 meses, de maio de 2021 a agosto de 2022, no Laboratório de Pesquisa de Sementes da Universidade Federal de Viçosa, situada em Viçosa, Minas Gerais. Foram utilizadas sementes de *Coffea arabica* L., cultivar Paraíso MG H419-1 da safra de 2021, adquiridas em campo de produção de sementes registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), localizado no município de Paula Cândido, Minas Gerais (42° 54' 56,7" W e 20° 49' 46,3" S).

2.1 Colheita, processamento e beneficiamento das sementes

As etapas de colheita, processamento e beneficiamento foram conduzidas de acordo com a rotina padrão da fazenda, que são realizadas em conformidade com a Instrução Normativa nº 35, de 29 de novembro de 2012, do MAPA (Brasil, 2012). Após a colheita manual dos frutos no estádio cereja, estes passaram pela pré-limpeza, lavagem, seleção, descascamento e desmucilagem por fermentação natural, em que permaneceram no tanque por 12 horas. Em seguida, as sementes foram lavadas, separadas da mucilagem e tiveram o excesso de teor de água reduzido com secagem a pleno sol.

As sementes foram transportadas até o setor de Secagem e Armazenamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde a secagem foi completada. Para isso, as sementes foram espalhadas em camadas finas sobre telados suspensos a pleno sol. Para a determinação do teor de água inicial foi usado o método da estufa, a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, com quatro amostras de 25 sementes, conforme o descrito em Brasil (2009), obtendo o valor de 46%. A partir das informações de massa úmida inicial e teor de água inicial das sementes, foi calculada a massa seca e, posteriormente, deduzida a massa final correspondente ao teor de água de 25%. Para o acompanhamento da evolução da perda de massa de água, utilizou-se balança digital, com pesagens a cada 30 minutos. Entre as pesagens, as sementes foram revolvidas manualmente a cada 15 minutos.

Após atingirem 25% de teor de água, foi realizado o expurgo das sementes com fosfeto de alumínio (Fosfina - Gastoxin[®]), por 48 horas, visando o controle da praga broca do café (*Hypothenemus hampei*), detectadas durante o revolvimento das sementes. Em seguida, o montante total de sementes foi fracionado em porções de 300 gramas, uma para cada unidade experimental, e acondicionadas em embalagens de polietileno com gramatura de 0,12 milímetros.

2.2 Definição, obtenção e aplicação dos tratamentos

Para a escolha dos tipos e da dosagem dos óleos essenciais foram considerados os resultados encontrados em revisão de literatura, considerando a eficácia no controle de fungos associados às sementes, os efeitos sobre a qualidade fisiológica e a disponibilidade do produto em estabelecimentos comerciais. Dessa forma, foram escolhidos seis tipos de óleos essenciais e a concentração de 1%.

Para o preparo da solução, pipetaram-se 50 microlitros do produto, que foram diluídos em 4,95 mililitros de água destilada. A solução foi vertida dentro da embalagem plástica, com aplicação direta sobre as sementes com pergaminho, seguido da agitação manual até o total espalhamento. Essa metodologia foi escolhida pela facilidade de execução em ambientes com pouca infraestrutura, como em viveiros, e pela similaridade com a aplicação de outros tratamentos em sementes.

Os óleos essenciais usados foram adquiridos no estabelecimento do Grupo Laszlo, que disponibilizou as informações sobre a extração e cromatografia de cada produto (Tabela 1):

Tabela 1 – Informações da análise cromatográfica e os respectivos estudos que motivaram a escolhas dos óleos essenciais

Nome científico	Nome comum	Composição química (%)	Data da cromatografia	Revisão de literatura
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Alecrim	α -pineno: 4,0; α -terpineol: 0,6; canfeno: 0,9; canfora: 28,9; eucaliptol: 37,5; limoneno: 20,8; linalool: 0,5; mirceno: 1,1; p-cimeno: 1,9; sabineno: 0,2; β -cariofileno: 0,7; β -pineno: 1,0; terpinen-4-ol: 0,2; γ -terpineno: 0,6; outros: 1,1.	Novembro, 2020	Farias <i>et al.</i> (2020); Ferreira <i>et al.</i> (2020).
<i>Cymbopogon citratus</i>	Capim-cidreira	mirceno: 8,9; 5-hepten-2-ona: 1,4; ciclohexanona: 0,4; linalool: 0,8; β -cariofileno: 0,8; neral: 33,9; geranial: 46,1; acetato de geranila: 0,3; geraniol: 2,9; outros: 4,5.	Fevereiro, 2021	Dalmolin; Perse e Cruz-Silva (2012); Semene <i>et al.</i> (2019); Silva (2021).
<i>Cymbopogon winterianus</i>	Citronela	α -pineno: 0,2; β -pineno: 0,3; metil heptenona: 0,3; mirceno: 0,6; p-cimeno: 0,2; limoneno: 4,6; Z- β -ocimeno: 0,3; linalool: 1,3; citronelal: 45,5; citronelol: 1,1; geraniol: 0,4; metileugenol: 6,2; geranil acetato: 7,8; citronelilformato: 6,3; β -cariofileno: 0,3; γ -muuroleno: 2,1; α -muuroleno: 1,4; elemol: 4,2; nerolidol: 10,4.	Março, 2021	Brito (2017); Silva (2021); Nascimento (2017).
<i>Syzygium aromaticum</i>	Cravo-da-índia	Eugenol: 88,5; cariofileno: 8,6; acetato de eugenila: 1,7.	Setembro, 2020	Pierre (2019); Nascimento (2017).
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	3-metil butanal: 0,1; α -pineno: 2,94; β -pineno: 0,27; Mirceno: 0,53; δ -3-careno: 0,24; α -terpineno: 0,6; p-cimeno: 5,67; β -felandreno: 7,42; 1,8-cineol: 81,53; Z- β -ocimeno: 0,72; aromadendreno: 0,06; globulol: 0,05.	Dezembro, 2020	Nascimento (2017); Piat; Schneider; Nozaki (2011)
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Melaleuca	α -thujeno: 0,5; α -pineno: 4,4; Sabineno: 0,3; β -pineno: 1,2; mirceno: 0,4; α -felandreno: 0,3; α -terpineno: 5,9; p-cimeno: 6,7; limoneno: 1,8; 1,8-cineol: 1,9; γ -terpineno: 17,5; terpinoleno: 3,4; terpinen-4-ol: 42,4; α -terpineol: 2,9; β -gurjuneno: 1,1; viridiflorino: 1,1; cis-calameno: 1,3.	Março, 2021	Brito (2017); Morais <i>et al.</i> (2008)

Fontes: GRUPO LASZLO (2021); Autora (2024).

Apesar de não ter produto comercial recomendado para a cultura do café, o fungicida sistêmico da marca TECTO[®], cujo princípio ativo é o tiabendazol (485 g.L⁻¹), tem sido uma das opções usadas por produtores de sementes de café e viveiristas para a conservação durante o armazenamento. Para avaliar o efeito desse fungicida, foi usada a dosagem habitual de 1 mililitro por quilograma de semente, diluído em água destilada até a concentração de 20%. A aplicação do TECTO[®] seguiu a mesma metodologia usada nos óleos essenciais, além de considerar os equipamentos de proteção individual recomendados pelo fabricante na bula.

O controle não recebeu nenhum produto com ação fungicida, mas foram aplicados 5 mililitros de água destilada para padronizar o ganho de umidade entre os tratamentos. A aplicação da água destilada seguiu a mesma metodologia usada para os óleos essenciais e o TECTO[®].

Após a aplicação dos tratamentos, as sementes foram expostas à ventilação natural, em local fresco, por 2 horas. Em seguida, as embalagens foram seladas, com o auxílio de uma seladora mecânica. O armazenamento das sementes foi em câmara fria compartilhada, disponibilizada pela EPAMIG-Sudeste, regulada a 13 ± 2 °C e $70 \pm 5\%$ de umidade relativa, onde permaneceram por 12 meses.

2.3 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes

As determinações e avaliações da qualidade fisiológica das sementes foram realizadas no início do armazenamento, correspondendo ao mês 0, e depois, a cada três meses, correspondendo aos 3, 6, 9 e 12 meses de armazenamento.

- **Teor de água:** foi determinado de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Para cada parcela foram utilizadas 75 sementes com pergaminho, correspondendo a triplicatas com 25 unidades. As amostras foram pesadas em balança digital, de precisão de 0,001 g, antes e após a secagem em estufa a 105 ± 3 °C, durante tempo de 24 horas. Os resultados do teor de água foram expressos em porcentagem.

- **Teste de germinação:** foi realizado de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Antes da montagem do teste, o pergaminho das sementes foi removido manualmente. Para cada parcela foram utilizadas 200 sementes sem pergaminho, correspondendo a quadruplicatas com 50 unidades. As sementes foram dispostas em rolos contendo 3 folhas de papel Germitest, previamente umedecidas com água destilada na quantidade de 2,5 vezes a sua massa inicial. Os rolos foram mantidos em germinador à temperatura de 30 °C, durante 30 dias, na ausência de luz, e reumidificados semanalmente. Os

resultados da germinação foram expressos em porcentagem de plântulas normais contabilizadas.

- **Primeira contagem de germinação:** foi realizada de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), em conjunto com o teste de germinação. Os resultados da primeira contagem de germinação foram expressos em porcentagem de sementes com protrusão radicular contabilizadas no 15º dia após a montagem do teste.

- **Envelhecimento acelerado:** foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Carvalho (2019). Antes da montagem do teste, o pergaminho das sementes foi removido manualmente. Para cada parcela foram utilizadas 200 sementes sem pergaminho, correspondendo a quadruplicatas com 50 unidades cada. As sementes foram uniformemente distribuídas sobre tela de aço inoxidável, em caixa GERBOX (11 x 11 x 3,5 cm), contendo 40 mililitros de água destilada, e mantidas em câmara do tipo BOD a 46 °C, por 48 horas. Posteriormente, as sementes seguiram submetidas à mesma metodologia do teste de germinação, com avaliação aos 30º dias (Brasil, 2009). Os resultados de plântulas normais foram expressos em porcentagem.

- **Teste de crescimento:** foi realizado de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Antes da montagem do teste, o pergaminho das sementes foi removido manualmente. Para cada parcela foram utilizadas 80 sementes sem pergaminho, correspondendo a quadruplicatas com 20 unidades. Posteriormente, as sementes seguiram as mesmas metodologia e condicionamento do teste de germinação. No sétimo dia todos os embriões foram direcionados para baixo, a fim de induzir o crescimento retilíneo da raiz primária, facilitando a mensuração. A medição da distância entre a extremidade da raiz primária e a região do coleto foi realizada aos 30 dias após a instalação do teste, com o auxílio do software ImageJ®. O comprimento médio do eixo hipocótilo-radícula foi obtido pela divisão do somatório das medidas registradas pelo número de plântulas normais contabilizadas. Os resultados do comprimento médio do eixo hipocótilo-radícula foram expressos em milímetros por plântula (mm plântulas^{-1}).

- **Massa seca do eixo hipocótilo-radícula:** foi determinada em conjunto com o teste de crescimento. Os eixos foram separados manualmente dos cotilédones no ponto de inserção. Em seguida, o material foi seco em estufa com circulação forçada de ar, a 80 ± 2 °C, durante 24 horas. Posteriormente o material foi pesado em balança analítica de precisão de 0,001 g. Os resultados da massa seca dos eixos hipocótilo-radícula foram expressos em miligramas por plântula (mg plântulas^{-1}).

• **Teste de emergência em leito de areia:** foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Brandão Júnior *et al.* (2002), a partir de três meses de armazenamento. Antes da montagem do teste, o pergaminho das sementes foi removido manualmente. Para cada parcela foram utilizadas 200 sementes sem pergaminho, correspondendo a quadruplicatas com 50 unidades cada. A semeadura foi feita a 3 centímetros de profundidade, em bandejas de isopor, contendo areia esterilizada como substrato. As bandejas foram mantidas em câmara de crescimento à temperatura de 30 °C, na ausência de luz. As regas foram realizadas sempre que necessárias. A percentagem de emergência foi determinada a partir do total de plântulas emergidas até a completa estabilização do estande, sendo consideradas emergidas as plântulas que apresentaram o cotilédone exposto acima do substrato (formato “palito de fósforo”). Os resultados do total de plântulas emergidas contabilizadas foram expressos em porcentagem.

• **Índice de velocidade de emergência:** foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Maguire (1962), em conjunto com o teste de emergência em leito de areia. Para cada tratamento, foi realizada a contagem diária do número de plântulas no formato “palito de fósforo”, descontando as plântulas emergidas nos dias anteriores, até a completa estabilização do estande. Após a coleta dos dados, foi utilizada a seguinte equação matemática:

$$IVE = N1/D1 + N2/D2 + \dots + Nn/Dn \quad (1)$$

em que:

IVE = índice de velocidade de emergência;

N = números de plântulas emergidas no dia da contagem;

D = números de dias após a semeadura em que foi realizada a contagem.

2.4 Delineamento experimental

Adotou-se para os testes de teor de água, germinação, protrusão radicular, envelhecimento acelerado, características morfológicas do eixo hipocótilo-radícula (comprimento e massa seca) o delineamento experimental inteiramente casualizado, em fatorial 8 x 5, com três repetições. Sendo seis tipos de óleos essenciais (*Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus*, *Melaleuca alternifolia*), um fungicida sintético (TECTO®) e um controle, em cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses).

Para os testes de emergência e índice de velocidade de emergência em leito de areia adotou-se o delineamento experimental em blocos, em fatorial (8 x 4), com três repetições. Sendo seis tipos de óleos essenciais (*Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus*, *Melaleuca alternifolia*), um fungicida sintético (TECTO®) e uma controle, em quatro tempos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 meses). Cada uma das três prateleiras utilizadas para a execução desses dois testes foi considerada um bloco, com diferenças médias de 1,5 °C entre elas.

2.5 Análises estatísticas

Os resultados dos testes de germinação e vigor foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com auxílio do programa computacional SAS. Quando pertinente, o efeito do tipo de produto aplicado foi comparado pelo teste *Dunnnett*, e o efeito do fator tempo de armazenamento analisado por regressão, ambos a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados o resumo da análise de variância da qualidade fisiológica das sementes de café arábica tratadas com óleos essenciais (OE), fungicida sintético TECTO® e o controle, nos tempos de armazenamento. Na Tabela 2 são apresentadas as variáveis analisadas em DIC, e na Tabela 3 as variáveis analisadas em DBC.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância do teor de água (TA), protrusão radicular (PRO), germinação (TG), envelhecimento acelerado (EA), comprimento do eixo hipocótilo-raiz (CHR) e massa seca do eixo hipocótilo-raiz (MHR) de sementes de café arábica tratadas (T) e armazenadas (M)

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		TA	TG	PRO	EA	CHR	MHR
T	7	2,18	98,79	85,11	214,06	78,06	3,40
M	4	3,14	4.340,94	5.936,51	9.878,95	2.699,08	100,68
T x M	28	0,35*	76,62**	90,74**	131,63**	85,57**	4,30**
Erro	80	0,20	32,10	22,57	51,20	32,10	2,10
CV	--	1,84%	7,95%	5,85%	14,46%	12,11%	8,90%

FV: Fonte variação; GL: Graus de liberdade; CV: Coeficiente de Variação; * ($p \leq 0,05$); ** ($p \leq 0,01$).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância da emergência em leito de areia (EME) e do índice de velocidade de emergência em leito de areia (IVE) de sementes de café arábica tratadas (T) e armazenadas (M)

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		EME	IVE
Bloco	2	37,63 ^{ns}	0,027 ^{ns}
T	7	181,24	0,110
M	3	13.867,28	4,034
T x M	21	105,49**	0,035**
Erro	62	33,60	0,014
CV	--	8,45%	12,10%

FV: Fonte variação; GL: Graus de liberdade; CV: Coeficiente de Variação; **($p \leq 0,01$); ns: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

A análise estatística dos dados revelou que o teor de água, germinação, protrusão radicular, envelhecimento acelerado, comprimento do eixo hipocótilo-raiz, massa seca do eixo hipocótilo-raiz, emergência em leito de areia e o índice de velocidade de emergência foram influenciados, significativamente, pelo tipo de produto aplicado às sementes e pelo tempo de armazenamento. Esses dois fatores influenciaram significativamente as variáveis de forma isolada e na interação, justificando os desdobramentos para melhor compreensão dos resultados. Ressalta-se que como o efeito do bloco não foi significativo, os dados de emergência em leito de areia e o índice de velocidade de emergência foram desdobrados e discutidos assim como aos demais.

Quanto à precisão experimental (Tabela 2 e 3), verifica-se que a maioria dos coeficientes de variação obtidos pode ser classificado como baixo (menor que 10%), com exceção do EA, CHR e IVE, que podem ser categorizados como médio (entre 10-20%), conforme os critérios de Pimentel Gomes (1990). Deste modo, a precisão experimental desta pesquisa pode ser considerada satisfatória, validando as inferências sobre os resultados observados.

Retomando as interações observadas na Tabela 2 e Tabela 3, procedeu-se ao desdobramento das médias para o fator tratamento dentro do tempo. Na Tabela 4 estão apresentadas as médias obtidas da variável teor de água (TA).

Tabela 4 – Médias do teste de teor de água (%) em sementes de café arábica, de acordo com os tratamentos e os tempos de armazenamento

TRATAMENTO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO				
	0 mês	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
<i>R. officinalis</i>	24,67	23,62 ^{©®}	24,41	24,46 [©]	24,49
<i>C. citratus</i>	24,22 [©]	24,13	23,63	24,47 [©]	23,74 ^{©®}
<i>C. winterianus</i>	25,17	24,74	23,88	25,12	25,01
<i>S. aromaticum</i>	24,72	24,48	23,95	24,30 [©]	24,51
<i>E. globulus</i>	24,23 [©]	24,24	23,48	24,02 [©]	24,18
<i>M. alternifolia</i>	25,19	24,84	23,65	25,34	25,30
TECTO [®]	25,17	24,68	24,04	24,40 [©]	24,74
Controle	25,60	24,65	24,12	25,52 [®]	24,91

[©]Médias que diferem do Controle, pelo teste de *Dunnett*, a 5% de probabilidade; [®]Médias que diferem do TECTO[®], pelo teste de *Dunnett*, a 5% de probabilidade. Fonte: Autora (2024).

O teor de água (TA) das sementes está diretamente relacionado com a armazenabilidade, influenciando na qualidade fisiológica e atividade da flora microbiana associada a elas, assim como permite fazer inferências sobre as condições do armazenamento (Marcos Filho, 2015). Em sementes armazenadas com teor de água acima de 18% há mais risco de deterioração por proliferação de microrganismos, principalmente por fungos, pelo aumento da taxa respiratória e por superaquecimento (Golldfarb; Queiroga, 2013).

Como pode ser observado na Tabela 4, para a variável TA foram encontradas algumas diferenças significativas em relação ao controle, em que alguns tratamentos apresentaram médias inferiores a ela. Na determinação inicial (0 mês) foram os tratamentos *C. citratus* e *E. globulus*; aos 3 meses, o tratamento *R. officinalis*; aos 9 meses, os tratamentos *R. officinalis*, *C. citratus*, *S. aromaticum*, *E. globulus* e TECTO[®]; e aos 12 meses o tratamento com *C. citratus*. Portanto, apenas os tratamentos com OE de *C. winterianus* e *M. alternifolia* se mantiveram similares ao controle em todos os tempos avaliados. Tendo como referência o TECTO[®], o *R. officinalis* e o *C. citratus* apresentaram médias inferiores nos meses 3 e 12, respectivamente, enquanto o controle apresentou média maior no mês 9. Considerando que a variação média geral do TA foi de apenas 0,46% em relação ao valor médio inicial (25,06%), mesmo que significativas estatisticamente, tais diferenças não foram suficientes para interferir na comparação do potencial fisiológico das sementes.

A baixa variação do TA observada pode ser considerada um ponto positivo para a metodologia utilizada na aplicação dos tratamentos. Tanto a quantidade de solução, quanto a

metodologia usada na aplicação, podem contribuir para o aumento do TA, sendo considerado um entrave para o tratamento de sementes no pré-armazenamento. Para Schuch *et al.* (2006), se o tratamento for realizado inadequadamente, o acréscimo de umidade e os compostos químicos variados podem prejudicar a qualidade fisiológica da semente durante o armazenamento.

As variações do TA durante o armazenamento ocorrem devido à higroscopicidade das sementes, que tendem a perder ou absorver água do ar atmosférico até atingirem o equilíbrio higroscópico. As embalagens plásticas (0,12 mm) utilizadas no acondicionamento das sementes impediram que o TA chegasse próximo aos 12,62%, que é o valor estimado para sementes de café arábica nas condições ambiente da câmara fria (médias de 70 ±5% umidade relativa e 13 ±2 °C de temperatura), segundo o modelo proposto por *Sigma Copace* (Silva; Santos; Rodovalho, 2014; Corrêa, *et al.* 2014). Dessa forma, as pequenas variações de TA podem ser explicadas pelo fluxo de umidade entre a semente e o ar no interior da embalagem.

Antes de prosseguir para a discussão das variáveis de germinação e vigor, é pertinente destacar algumas observações gerais sobre a qualidade inicial do lote de sementes usadas. Considerando que o experimento foi montado com sementes recém-colhidas e que o processamento e a secagem foram feitos de forma padrão, as sementes sem tratamento apresentaram médias relativamente baixas, tanto no teste de germinação quanto nos testes de vigor (Tabela 4). Souza (2023), que também avaliou a germinação inicial da cultivar Paraíso MG H 419-1, oriundas da mesma propriedade na safra de 2021, obteve os valores médios de 79% em sementes com 20% de umidade.

A qualidade fisiológica das sementes é adquirida na fase de campo, em resposta aos manejos da lavoura e às condições edafoclimáticas (Marcos Filho, 2015). O ataque de pragas, tal como a broca do café (*Hypothenemus hampei*) que foi detectada no lote de sementes usado, pode ter colaborado para a média qualidade fisiológica. Por motivos como esse, o controle eficiente de pragas antes e durante o armazenamento é indispensável, mesmo quando adquiridas de produtores idôneos. Ainda nesse contexto, ressalta-se a importância do desenvolvimento de técnicas que reduzam o tempo para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes de café, tais como o teste Lercafé, proposto por ZONTA *et al.* (2008).

O poder germinativo é uma das características mais importantes para avaliação da qualidade fisiológica de sementes, tendo um limite mínimo estabelecido para a comercialização. Conforme o anexo XXII da Instrução Normativa nº 35, de 29 de novembro de 2012, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, as sementes de café arábica

devem estar com no mínimo 70% de germinação (TG), 98% de pureza e ausência de insetos vivos para a comercialização (Brasil, 2012). Portanto, as sementes utilizadas como controle apresentaram porcentagem no TG satisfatória até 9 meses de armazenamento (Tabela 5). Segundo Fazuoli *et al.* (2001), as sementes de café tendem a perder naturalmente a viabilidade com o passar do tempo, mesmo quando armazenadas em condições ótimas.

Tabela 5 – Médias do teste de germinação (%) em sementes de café arábica, de acordo com os tratamentos e os tempos de armazenamento

TRATAMENTO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO				
	0 mês	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
<i>R. officinalis</i>	76,67	79,00	83,00	75,33	52,33
<i>C. citratus</i>	75,67	81,33	79,00	68,33	40,67 ^{©®}
<i>C. winterianus</i>	70,33	78,33	83,33	73,67	55,67
<i>S. aromaticum</i>	76,00	77,33	85,33	71,33	36,00 ^{©®}
<i>E. globulus</i>	75,00	77,33	84,00	69,33	36,00 ^{©®}
<i>M. alternifolia</i>	74,00	83,33	76,33	78,33	54,33
TECTO [®]	66,00	83,67	77,67	66,67	54,33
Controle	76,67	81,33	82,67	79,67	56,33

[©]Médias que diferem do Controle, pelo teste de *Dunnett*, a 5% de probabilidade; [®]Médias que diferem do TECTO[®], pelo teste de *Dunnett*, a 5% de probabilidade. Fonte: Autora (2024).

Os valores obtidos no TG, indicam que os OE não interferiram negativamente no processo germinativo das sementes até o mês 9, pois todos os tratamentos apresentaram valores similares aos do controle e ao TECTO[®]. Na última avaliação, apenas as sementes tratadas com OE de *R. officinalis*, *C. winterianus* e *M. alternifolia* não diferiram do controle e do TECTO[®], se destacando dos demais tratamentos com OE. A ausência de efeito fitotóxico desses OE sobre a germinação das sementes de café arábica é um fator preponderante para que possam ser uma opção para o tratamento alternativo no controle de fungos de armazenamento.

Para Jabran (2017), os OE, quando aplicados sobre as sementes, podem interferir no processo germinativo devido a certos constituintes químicos que influenciam na síntese de fitohormônios, ruptura da membrana celular, fotossíntese, respiração, atividade enzimática,

fluxo de carbono, divisão celular e biossíntese celular. Inclusive, para o autor, a perda de vigor natural da espécie pode ter potencializado a sensibilidade à alopatia, o que justifica a diferença observada no TG na avaliação aos 12 meses. No entanto, quando aplicados na dosagem e forma correta, os OE podem promover até efeitos benéficos à germinação.

O OE de *R. officinalis*, usado por Baiotto *et al.* (2023) para controlar fitopatógenos em sementes de soja (*Glycine max*) armazenadas em câmara fria a 18 ± 5 °C, além de reduzir a infestação de fungos de armazenamento *Aspergillus flavus* e *Penicillium citrinum*, não interferiu no TG. Farias *et al.* (2020) avaliaram a atividade antifúngica de quatro dosagens do óleo de *R. officinalis* sobre sementes de cinco cultivares de feijão fava (*Phaseolus lunatus*) e observaram eficiência na redução da incidência dos fungos em todas as dosagens, sem haver interferência no TG em três das cultivares. Ribeiro *et al.* (2016) também encontraram resultados promissores na aplicação de folhas de *R. officinalis* desidratadas e moídas em sementes de café arábica (*Coffea arabica*), que conservaram a germinação acima de 70% por 6 meses, quando armazenadas em ambiente natural, e por 15 meses em câmara fria 15 ± 2 °C.

Já o OE de *C. winterianus* foi testado por Lozada *et al.* (2019) para o controle de *Colletotrichum gloeosporioides f. sp.*, agente etiológico da doença antracnose, em sementes de cebola (*Allium cepa*). Os autores verificaram efeito protetor deste óleo, com redução na germinação dos esporos do fungo, sem haver interferência negativa sobre a qualidade fisiológica das sementes dessa olerícola. Araujo Neto *et al.* (2012) também trabalharam com essa espécie de planta medicinal e aromática para avaliar o efeito de diferentes doses de OE no controle da micoflora fitopatogênica e na qualidade fisiológica de sementes de erva-doce (*Foeniculum vulgare*), e obtiveram maiores porcentagens no TG das sementes tratadas com OE de *C. winterianus* do que na amostra controle.

A protrusão radicular (PRO) é um teste de vigor que se baseia na velocidade da emissão da raiz primária, em que quanto mais vigorosa uma semente, mais rápido é a emissão (Oliveira, *et al.*, 2019). Como pode ser observado na Tabela 6, foram constatadas diferenças significativas dos produtos aplicados às sementes do controle, a partir do sexto mês de armazenamento. Apenas os tratamentos com *R. officinalis*, *C. winterianus* e TECTO® mantiveram a PRO semelhantes ao controle em todos os períodos avaliados. Considerando o tratamento TECTO® como referência, no mês 9 o *M. alternifolia* apresentou 13,67% a mais de PRO, enquanto no mês 12 os tratamentos *C. citratus*, *S. aromaticum* e *E. globulus* tiveram médias 15% a menos.

Tabela 6 – Médias do teste de protrusão radicular (%) em sementes de café arábica, de acordo com os tratamentos e os tempos de armazenamento

TRATAMENTO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO				
	0 mês	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
<i>R. officinalis</i>	86,33	96,00	92,67	81,33	60,00
<i>C. citratus</i>	87,67	94,00	89,67	73,33 [©]	45,33 [®]
<i>C. winterianus</i>	81,33	95,00	91,67	77,67	66,33
<i>S. aromaticum</i>	85,67	94,00	93,00	77,67	40,67 ^{©®}
<i>E. globulus</i>	91,33	94,00	92,33	75,00	46,00 ^{©®}
<i>M. alternifolia</i>	90,67	93,00	79,33 [©]	87,67 [®]	61,33
TECTO [®]	86,60	94,00	89,67	74,00	60,33
Controle	91,67	95,67	91,00	85,00	59,33

[©]Médias que diferem do Controle, pelo teste de *Dunnett*, a 5% de probabilidade; [®]Médias que diferem do TECTO[®], pelo teste de *Dunnett*, a 5% de probabilidade. Fonte: Autora (2024).

Pela análise de PRO ser feita concomitantemente com o teste TG, os resultados dessas variáveis tendem a estar correlacionados positivamente, como observado nesta pesquisa, em Lozada *et al.* (2019) e em Araujo *et al.* (2012), citados anteriormente. Inclusive, Araújo *et al.* (2012) não só observaram ausência de efeito alelopático do *C. winterianus* sobre a PRO de sementes de erva-doce, como também benefícios desse tratamento, que superando o controle.

Alguns constituintes químicos dos OE, como o eugenol e seus derivados, identificado na cromatografia do OE de *S. aromaticum*, podem influenciar positivamente na qualidade fisiológica das sementes, não só pelo efeito fungicida ou fungistático, mas por interagirem e promoverem rotas metabólicas importantes no desenvolvimento inicial da plântula (Nascimento *et al.*, 2021). Como exemplo, na regulação da enzima α -amilase, que atua na hidrólise do amido durante as fases iniciais da germinação (Kato-Noguchi, 2008).

O teste de envelhecimento acelerado (EA) permite a comparação do vigor de sementes que passaram por estresse térmico, que podem ocorrer no armazenamento ou na fase de campo (Dutra; Vieira, 2004). Observando os resultados do controle (Tabela 7), nota-se que o lote de sementes usadas se mostrou pouco resilientes ao estresse térmico imposto pelo teste, não atingindo o limite mínimo de germinação para comercialização em nenhum dos tempos

de armazenamento avaliados. A baixa qualidade fisiológica do lote, pode explicar em parte esses resultados.

Tabela 7 – Médias do teste de envelhecimento acelerado (%) em sementes de café arábica, de acordo com os tratamentos e os tempos de armazenamento

TRATAMENTO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO				
	0 mês	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
<i>R. officinalis</i>	51,00	69,00	70,00	52,67 [©]	17,00
<i>C. citratus</i>	45,33	69,33	64,00	46,67	00,00 ^{©®}
<i>C. winterianus</i>	46,33	68,67	68,67	60,00 [©]	26,67
<i>S. aromaticum</i>	48,00	68,00	68,00	58,33 [©]	17,33
<i>E. globulus</i>	54,00	68,33	61,67	35,67	00,00 ^{©®}
<i>M. alternifolia</i>	57,33	64,33	65,67	54,67 [©]	21,00
TECTO [®]	53,33	62,33	62,33	47,00	23,00
Controle	51,00	62,33	62,33	33,33	25,33

[©]Médias que diferem do Controle, pelo teste de *Dunnnett*, a 5% de probabilidade; [®]Médias que diferem do TECTO[®], pelo teste de *Dunnnett*, a 5% de probabilidade. Fonte: Autora (2024).

Apesar das médias não terem sido satisfatórias ao mínimo exigido para a comercialização das sementes, não foram observadas diferenças significativas entre os produtos e o controle até o sexto mês, evidenciando mais uma vez que os produtos aplicados às sementes não prejudicaram a qualidade fisiológica nesse tempo. Aos 9 meses, os tratamentos *R. officinalis*, *C. winterianus* e *E. globulus* se destacaram por apresentarem médias superiores ao controle, indicando um possível efeito protetor desses OE. Aos 12 meses, tanto o *C. citratus* como o *E. globulus*, diferiram do controle do TECTO[®], com ausência plântulas normais.

Ao estudar a influência de extratos vegetais na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*), Silva *et al.* (2023) encontraram maiores porcentagens de EA em sementes tratadas com extratos de alfavaca (*Ocimum gratissimum*), cavalinha (*Equisetum hiemale* L.) e *C. winterianus* (*Cymbopogon winterianus*). Araujo *et al.* (2021) encontraram maiores médias de EA em sementes de pinhão manso tratadas com extrato de *R. officinalis*, que superou o controle aos 0, 8 e 12 meses de armazenamento.

Quanto à avaliação do desempenho do OE de *E. globulus* no teste de EA, Daronco *et al.* (2015) não observaram diferenças entre as sementes tratadas com o OE (30%) e o controle.

Segundo Pertel (2004), o envelhecimento natural e o artificial acarretam decréscimos na germinação e no vigor das sementes devido às alterações na taxa respiratória, nos teores de açúcares solúveis e de lipídios das sementes de café. Além do mais, durante as avaliações percebeu-se que a danificação dos tecidos pelo estresse favoreceu a proliferação de fungos saprófitos, podendo justificar a ausência de germinação em dois dos tratamentos no último tempo de avaliação. Tal constatação reforça a importância do controle ambiental durante o armazenamento de sementes, pois os danos são irreversíveis.

As características morfológicas do eixo hipocótilo-radícula, como comprimento (CHR) e massa seca (MHR), são importantes características para prever o desempenho das plântulas no campo e por isso são usadas para a avaliação do vigor de sementes (BRASIL, 2009). Conforme a Tabela 8, não foram observadas diferenças significativas entre os produtos testados e o controle no mês 9 para a variável CHR, e até o mês 12 para a variável MHR. No entanto, os tratamentos *R. officinalis*, *C. citratus* e *C. winterianus* diferiram do TECTO[®], com médias superiores de CHR nos tempos 3 e 9 meses, e com médias inferiores de MHR no tempo 12 meses. Comparando com outros estudos da variável CHR, Freitas *et al.* (2016) encontraram valores médios inferiores aos 3 meses (22 mm) e aos 6 meses (38 mm).

Tabela 8 – Médias dos testes de comprimento do eixo hipocótilo-raiz (mm plântula⁻¹) e massa seca do eixo hipocótilo-raiz (mg plântula⁻¹) em sementes de café arábica, de acordo com os tratamentos e os tempos de armazenamento

TRATAMENTO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO				
	0 mês	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
COMPRIMENTO DO EIXO HIPOCÓTILO-RAIZ (mm pl⁻¹)					
<i>R. officinalis</i>	44,17	54,87 [®]	52,77 [®]	57,66 [®]	34,10
<i>C. citratus</i>	47,75	56,47 [®]	57,57	57,22 [®]	27,24
<i>C. winterianus</i>	43,62	54,49 [®]	63,93	53,79 [®]	35,42
<i>S. aromaticum</i>	39,99	44,65	61,17	50,36 [©]	30,63
<i>E. globulus</i>	43,99	48,71	55,58	51,00 [©]	26,52
<i>M. alternifolia</i>	38,29	50,22	65,30	38,13 [©]	29,82
TECTO [®]	38,99	41,32	65,88	39,34 [©]	38,46
Controle	39,50	50,79	64,24	43,18 [©]	34,81
MASSA SECA DO EIXO HIPOCÓTILO-RAIZ (mg pl⁻¹)					
<i>R. officinalis</i>	14,08	20,18	18,02	16,96	12,61 ^{©®}
<i>C. citratus</i>	15,78	19,64	16,98	15,81	11,14 ^{©®}
<i>C. winterianus</i>	14,87	18,96	18,59	17,29	12,47 ^{©®}
<i>S. aromaticum</i>	14,99	19,05	16,83	15,89	14,74
<i>E. globulus</i>	14,68	17,87	16,16	15,18	13,10
<i>M. alternifolia</i>	13,75	19,06	17,91	15,92	15,35
TECTO [®]	14,42	18,48	18,80	15,73	16,14
Controle	13,87	18,55	17,94	16,83	17,40

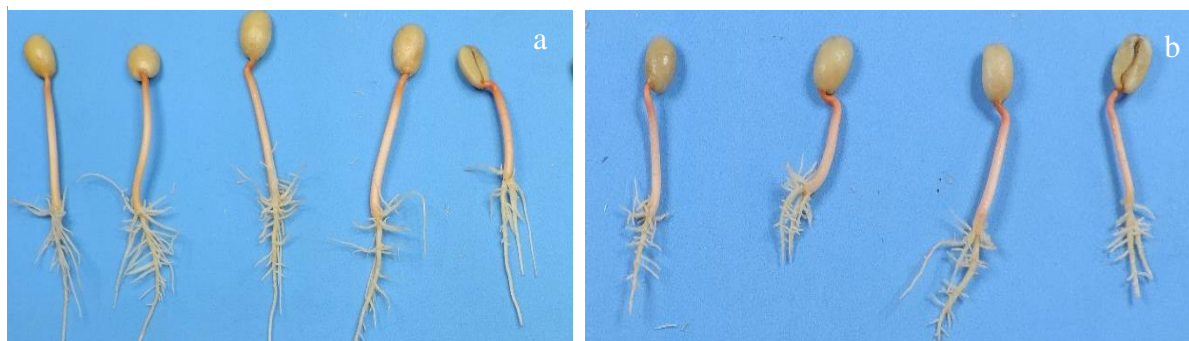
[©]Médias que diferem do Controle, pelo teste de *Dunnett*, a 5% de probabilidade; [®]Médias que diferem do TECTO[®], pelo teste de *Dunnett*, a 5% de probabilidade. Fonte: Autora (2024).

As médias do CHR das plântulas nos tratamentos com OE de *R. officinalis* (57,66 mm) e *C. citratus* (57,22 mm) foram superiores aos do controle (43,18 mm). Conforme mencionado anteriormente, alguns constituintes dos OE interferem em muitos processos metabólicos envolvidos na germinação e desenvolvimento das plântulas. Como exemplos,

têm o composto químico citral, que é obtido pela mistura de neral e geranial, identificados no OE *C. citratus* (Tabela 1). O citral reduziu o índice mitótico e aumentou as alterações cromossômicas em células meristemáticas da raiz da cebola (*Allium cepa*) (Fagodia *et al.*, 2017). Esse mesmo composto interferiu no conteúdo de auxina e na divisão celular das raízes em *Arabidopsis*, observado por Graña *et al.* (2013).

Algumas diferenças visuais foram observadas no desenvolvimento do eixo hipocótilo-radícula que receberam tratamento com OE de *R. officinalis* e o controle, aos 9 meses de armazenamento (Figura 1). Apesar da espessura e a proporção das estruturas do eixo hipocótilo-radícula não terem sido avaliadas, também foi observado o engrossamento e encurtamento do hipocótilo, assim como a redução do comprimento das raízes secundárias das sementes sem tratamento. Esse fenômeno pode explicar o porquê de a MHR não ter apresentado o mesmo comportamento de CHR, visto que são variáveis correlacionadas positivamente.

Figura 1 - Diferenças morfológicas do eixo hipocótilo-radícula em plântulas oriundas de sementes tratadas com óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) (a) e controle (b), aos 9 meses de armazenamento



FONTE: Autora (2024).

No que se refere aos testes de emergência em leito de areia (EME) e o índice de velocidade de emergência (IVE) têm como finalidade simular o desempenho das sementes em situações similares às de campo; quanto maior a porcentagem, velocidade e uniformidade de germinação, mais vigoroso é o lote (Brasil, 2009). Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos com OE, o TECTO[®] e o controle no mês 3, para EME e IVE (Tabela 9). Apenas os tratamentos com OE de *C. winterianus* mantiveram a EME e IVE similares ao controle e ao TECTO[®] em todos os tempos avaliados. Já o OE de *E. globulus* foi o tratamento

que mais diferiu a EME e IVE do controle e do TECTO[®], apresentando médias inferiores a eles em quase todos os tempos avaliados.

Tabela 9 – Médias dos testes de emergência em leito de areia (%) e do índice de velocidade de emergência em sementes de café arábica, de acordo com os tratamentos e os tempos de armazenamento

TRATAMENTO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO				
	0 mês	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
EMERGÊNCIA EM LEITO DE AREIA (%)					
<i>R. officinalis</i>	--	79,33 ^{©®}	88,00	63,33	36,67
<i>C. citratus</i>	--	91,33	82,00	59,33	37,00
<i>C. winterianus</i>	--	92,00	92,00	70,00	32,00
<i>S. aromaticum</i>	--	89,33	76,67	76,00	36,00
<i>E. globulus</i>	--	79,00 ^{©®}	77,33	52,67	33,00
<i>M. alternifolia</i>	--	91,67	77,33	75,67	30,67
TECTO [®]	--	93,33	94,33	64,00	35,67
Controle	--	92,67	82,33	73,00	42,33
ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA					
<i>R. officinalis</i>	--	1,25	1,21 [®]	0,73	0,56
<i>C. citratus</i>	--	1,37	1,23 [®]	0,78	0,25 [©]
<i>C. winterianus</i>	--	1,42	1,42	0,99	0,41
<i>S. aromaticum</i>	--	1,37	1,09 [®]	1,01	0,44
<i>E. globulus</i>	--	1,13 ^{©®}	1,03 [®]	0,64 [©]	0,32 [©]
<i>M. alternifolia</i>	--	1,40	1,09 [®]	1,01	0,44
TECTO [®]	--	1,45	1,50	0,82	0,49
Controle	--	1,44	1,22 [®]	0,98	0,58

[©]Médias que diferem do Controle, pelo teste de *Dunnett*, a 5% de probabilidade; [®]Médias que diferem do TECTO[®], pelo teste de *Dunnett*, a 5% de probabilidade. Fonte: Autora (2024).

A variação de resultados da influência dos OE sobre a qualidade sanitária das sementes depende de muitos fatores, entre eles a dosagem. Como nesses testes utiliza-se

substrato, a retenção do OE pode aumentar o tempo de contato com a plântula, permitindo a promoção de efeitos benéficos, como o crescimento de plântulas, ou de efeitos deletérios, como a desorganização de membranas e desregulação da respiração (Miranda *et al.*, 2015).

No que diz respeito ao bom desempenho do OE de *C. winterianus* no teste de EME, também foi observado por Nascimento (2017). Ao avaliar o efeito desse OE, na concentração de 0,25%, sobre a qualidade fisiológica de sementes de pimentão (*Capsicum annum*), o autor encontrou índice de velocidade de emergência, emergência final e matéria seca de plantas similares ao controle. No entanto, Xavier *et al.* (2012) testaram as dosagens de 20 µL, 15 µL, 10 µL e 5 µL desse mesmo OE em sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), utilizando a mesma técnica de aplicação desta pesquisa, e detectaram efeito alopático. As sementes que receberam esses tratamentos apresentaram menor índice de velocidade de emergência, velocidade de germinação e coeficiente de velocidade de emergência.

Pierre (2009), que tratou sementes de café arábica recém colhidas com óleo e extrato de *S. aromaticum*, e no teste de IVE, usando 200 sementes, encontrou os maiores índices nas concentrações do OE de 0,25% (0,712), 0,5% (0,849) e 1,0% (0,770); e concentração do extrato igual a 20% (0,747). Apesar do IVE não ter sido avaliado no mês 0, os valores observados nesse tratamento, aos 3 e 9 meses, foram superiores aos encontrados por Pierre (2009).

O desdobramento do efeito do tempo dentro de cada tratamento, obtido pela análise de regressão, encontra-se na Tabela 10. Ressalta-se que foram testados três modelos de ajuste para a equação de regressão: linear, polinomial de grau 2 e de grau 3. Para validar o modelo, foi considerado o coeficiente de determinação $\geq 60\%$, além da significância de todos os características. Devido à proximidade dos modelos, optou-se por apresentá-los como equações e não por gráficos.

Tabela 10 - Equações ajustadas de regressão das variáveis de germinação e de vigor em sementes de café arábica armazenadas, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2/r^2) e os valores máximos ajustados (\hat{Y}) para o tempo de armazenamento (M^0)

TRATAMENTO	EQUAÇÃO	R^2/r^2	\hat{Y}	M^0
TEOR DE ÁGUA (%)				
<i>R. officinalis</i>	$\hat{Y} = 24,691 - 0,2953^*x + 0,0284^{**}x^2$	0,920	23,92	5,20
<i>S. aromaticum</i>	$\hat{Y} = 24,769 - 0,19160^*x + 0,0143^*x^2$	0,792	24,13	6,70
GERMINAÇÃO (%)				
<i>R. officinalis</i>	$\hat{Y} = 74,829 + 4,1921^{**}x - 0,4947^{**}x^2$	0,948	83,71	4,24
<i>C. citratus</i>	$\hat{Y} = 74,886 + 4,3762^{**}x - 0,5952^{**}x^2$	0,992	82,93	3,68
<i>C. winterianus</i>	$\hat{Y} = 69,543 + 5,2159^{**}x - 0,5291^{**}x^2$	0,983	82,4	4,93
<i>S. aromaticum</i>	$\hat{Y} = 72,781 + 6,2127^{**}x - 0,7566^{**}x^2$	0,939	85,53	4,11
<i>E. globulus</i>	$\hat{Y} = 72,295 + 5,9587^{**}x - 0,7354^{**}x^2$	0,955	84,37	4,05
<i>M. alternifolia</i>	$\hat{Y} = 73,895 + 4,0142^{**}x - 0,4577^{**}x^2$	0,876	82,7	4,39
TECTO®	$\hat{Y} = 68,448 + 4,8460^{**}x - 0,5159^{**}x^2$	0,897	79,83	4,70
Controle	$\hat{Y} = 75,181 + 4,3349^{**}x - 0,4788^{**}x^2$	0,932	84,99	4,53
PROTRUSÃO RADICULAR (%)				
<i>R. officinalis</i>	$\hat{Y} = 86,733 + 4,4222^{**}x - 0,5556^{**}x^2$	0,998	95,53	3,98
<i>C. citratus</i>	$\hat{Y} = 87,543 + 4,1714^{**}x - 0,6402^{**}x^2$	0,999	94,34	3,26
<i>C. winterianus</i>	$\hat{Y} = 83,200 + 4,2000^{**}x - 0,4815^{**}x^2$	0,925	92,36	4,36
<i>S. aromaticum</i>	$\hat{Y} = 84,467 + 6,4556^{**}x - 0,8333^{**}x^2$	0,992	96,97	3,87
<i>E. globulus</i>	$\hat{Y} = 90,381 + 3,8683^{**}x - 0,6270^{**}x^2$	0,995	96,35	3,08
<i>M. alternifolia</i>	$\hat{Y} = 90,152 + 2,2317^*x - 0,2804^{**}x^2$	0,754	94,59	3,98
TECTO®	$\hat{Y} = 87,848 + 2,6571^*x - 0,4233^{**}x^2$	0,972	92,02	3,14
Controle	$\hat{Y} = 90,933 + 3,2667^{**}x - 0,4815^{**}x^2$	0,975	96,47	3,39
ENVELHECIMENTO ACELERADO (%)				
<i>R. officinalis</i>	$\hat{Y} = 50,848 + 9,1571^{**}x - 0,9973^{**}x^2$	0,999	71,87	4,59
<i>C. citratus</i>	$\hat{Y} = 45,826 + 10,826^{**}x - 1,2170^{**}x^2$	0,994	69,9	4,45
<i>C. winterianus</i>	$\hat{Y} = 46,523 + 9,8286^{**}x - 0,9524^{**}x^2$	0,99	71,88	5,16
<i>S. aromaticum</i>	$\hat{Y} = 47,324 + 10,173^{**}x - 1,0450^{**}x^2$	0,985	72,08	4,87
<i>E. globulus</i>	$\hat{Y} = 55,018 + 6,6758^{**}x - 0,9470^{**}x^2$	0,995	66,78	3,52
<i>M. alternifolia</i>	$\hat{Y} = 55,685 + 6,1759^{**}x - 0,7433^{**}x^2$	0,978	68,51	4,15
TECTO®	$\hat{Y} = 53,178 + 5,2135^{**}x - 0,6455^{**}x^2$	0,998	63,7	4,04
Controle	$\hat{Y} = 53,266 + 3,7658^*x - 0,5370^{**}x^2$	0,851	59,87	3,51

Continua (...)

Continuação (...)

TRATAMENTO	EQUAÇÃO	R ² /r ²	Ŷ	M°
COMPRIMENTO DO EIXO HIPOCÓTILO-RAIZ (mm)				
<i>R. officinalis</i>	$\hat{Y} = 43,398 + 5,2799^{**}x - 0,4882^{**}x^2$	0,815	57,67	5,41
<i>C. citratus</i>	$\hat{Y} = 46,036 + 6,1689^{**}x - 0,6259^{**}x^2$	0,903	61,24	4,93
<i>C. winterianus</i>	$\hat{Y} = 42,516 + 6,8659^{**}x - 0,6196^{**}x^2$	0,965	61,54	5,54
<i>S. aromaticum</i>	$\hat{Y} = 37,088 + 6,8147^{**}x - 0,6040^{**}x^2$	0,826	56,31	5,64
<i>E. globulus</i>	$\hat{Y} = 41,715 + 5,5645^{**}x - 0,5544^{**}x^2$	0,903	55,68	5,02
<i>M. alternifolia</i>	$\hat{Y} = 38,338 + 6,9114^{**}x - 0,6566^{**}x^2$	0,754	56,53	5,26
TECTO®	$\hat{Y} = 37,186 + 5,3783^{**}x - 0,4566^{**}x^2$	0,424	53,02	5,89
Controle	$\hat{Y} = 39,356 + 6,4653^{**}x - 0,5856^{**}x^2$	0,789	57,2	5,52
MASSA SECA DO EIXO HIPOCÓTILO-RAIZ (mg)				
<i>R. officinalis</i>	$\hat{Y} = 14,775 + 1,6802^{**}x - 0,1571^{**}x^2$	0,861	19,27	5,35
<i>C. citratus</i>	$\hat{Y} = 16,275 + 1,0448^{**}x - 0,1235^{**}x^2$	0,912	18,48	4,23
<i>C. winterianus</i>	$\hat{Y} = 15,050 + 1,5709^{**}x - 0,1489^{**}x^2$	0,979	19,19	5,28
<i>S. aromaticum</i>	$\hat{Y} = 15,728 + 0,7478^{**}x - 0,0725^{**}x^2$	0,602	17,66	5,16
<i>E. globulus</i>	$\hat{Y} = 15,166 + 0,7403^{**}x - 0,0779^{**}x^2$	0,822	16,92	4,75
<i>M. alternifolia</i>	$\hat{Y} = 14,588 + 1,2003^{**}x - 0,0998^{**}x^2$	0,64	18,2	6,01
Controle	$\hat{Y} = 14,603 + 1,0093^{**}x - 0,0693^{**}x^2$	0,627	18,28	7,28
EMERGÊNCIA EM LEITO DE AREIA (%)				
<i>R. officinalis</i>	$\hat{Y} = 105,000 - 5,0889^{**}x$	0,763	--	--
<i>C. citratus</i>	$\hat{Y} = 113,833 - 6,1889^{**}x$	0,971	--	--
<i>C. winterianus</i>	$\hat{Y} = 122,000 - 6,7333^{**}x$	0,849	--	--
<i>S. aromaticum</i>	$\hat{Y} = 109,667 - 5,3556^{**}x$	0,802	--	--
<i>E. globulus</i>	$\hat{Y} = 101,167 - 5,4222^{**}x$	0,917	--	--
<i>M. alternifolia</i>	$\hat{Y} = 115,000 - 6,1556^{**}x$	0,813	--	--
TECTO®	$\hat{Y} = 122,667 - 6,7778^{**}x$	0,884	--	--
Controle	$\hat{Y} = 112,667 - 5,3444^{**}x$	0,909	--	--
ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA				
<i>R. officinalis</i>	$\hat{Y} = 1,575 - 0,0851^{**}x$	0,906	--	--
<i>C. citratus</i>	$\hat{Y} = 1,860 - 0,1269^{**}x$	0,947	--	--
<i>C. winterianus</i>	$\hat{Y} = 1,918 - 0,1144^{**}x$	0,871	--	--
<i>S. aromaticum</i>	$\hat{Y} = 1,697 - 0,0960^{**}x$	0,901	--	--
<i>E. globulus</i>	$\hat{Y} = 1,482 - 0,0933^{**}x$	0,953	--	--
<i>M. alternifolia</i>	$\hat{Y} = 1,727 - 0,0987^{**}x$	0,913	--	--
TECTO®	$\hat{Y} = 1,953 - 0,1186^{**}x$	0,866	--	--
Controle	$\hat{Y} = 1,753 - 0,0932^{**}x$	0,978	--	--

*/** Significativo para $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente. Fonte: Autora (2024).

Quanto ao comportamento dos tratamentos durante o armazenamento, as variáveis de germinação e vigor, exceto EME e IVE, foram adequadas a modelos polinomial de grau 2 (Tabela 5). Apesar do modelo quadrático não ser ideal para comportamento biológico, as menores médias no mês 0, em relação aos meses 3 e 6, podem justificar essa tendência matemática. O fato do EME e IVE não terem sido avaliados no mês 0, e terem apresentado modelo linear decrescente, reforçam que o comportamento já esperado para as características de qualidade fisiológica é a redução progressiva ao longo do armazenamento.

Os modelos testados não ajustaram ao comportamento do controle, com coeficiente de determinação aceitável, para o teor de água (TA). No entanto, assim com os demais tratamentos, não foram observadas variações da umidade suficientes para interferir na qualidade fisiológica. Como exemplo, têm-se as sementes tratadas com o OE de *R. officinalis*, que atingiram o máximo TA (23,92%) aos 5,2 meses, uma variação de apenas 0,7% em relação ao valor inicial (24,91%). Essa baixa variação do TA durante o armazenamento pode ser justificada pela alta impermeabilidade das embalagens usadas no acondicionamento das amostras. Embora as embalagens plásticas de polietileno com 0,12 mm sejam consideradas semipermeáveis, essa espessura é muito próxima ao limiar mínimo para serem classificadas como impermeáveis ($\geq 0,125$ mm), segundo o proposto por Baudet (2003).

Em relação às demais características de qualidade fisiológica do controle, os valores máximos foram observados nos primeiros 6 meses de armazenamento. Sendo a TG (84,99%) aos 4,5 meses; a PROT e EA por volta dos 3,4 meses; e CHR aos 5,5 meses. Apenas a MHR apresentou melhor desempenho com mais de 6 meses, com valor ajustado de 18,28 mm aos 7,2 meses. Quanto a EME e o IVE, apresentaram queda de 5,33% e 0,09 ao mês. Ribeiro *et al.* (2016) encontraram valores diferentes para a cultivar Catuaí Vermelho IAC 44, com 42% de teor de água, conservando satisfatoriamente as sementes em câmara fria, até os 15 meses, e em condições ambiente por 6 meses. Todavia, essas diferenças podem ser associadas ao diferente TA inicial, tipo de cultivar, qualidade fisiológica inicial, entre outros fatores que influenciam na armazenabilidade das sementes (Marcos Filho, 2015).

No tratamento com OE de *R. officinalis* os valores máximos da TG (83,71%), PRO (95,53%) e CHR (57,67 mm) foram ajustados em tempos próximos ao do controle, por volta dos 4 meses de armazenamento. Já a EA, apresentou maior valor de \hat{Y} (71,87%), com 4,5 meses. Para a MHR, foi ajustado o maior valor (19,27 mm) entre todos os tratamentos. Alguns constituintes químicos dos OE são capazes de alterar alguns processos metabólicos da germinação, como exemplo o citral e seus derivados, que interfere na produção de auxina,

hormônio envolvido na divisão e alongamento celular (Jabran, 2017; Graña *et al.*, 2013). Analisando o coeficiente angular do modelo ajustado para a EME e o IVE, percebe-se que esse tratamento teve a menor queda mensal, reduzindo de 5,08% e 0,085, respectivamente.

As sementes tratadas com OE de *C. citratus* tiveram o melhor desempenho fisiológico antes de completarem 5 meses de armazenamento. A TG e a PRO foram as variáveis que apresentaram valor máximo com menos tempo de armazenamento, com 3,3 meses. Conforme o modelo ajustado para a EA, aos 12 meses o valor estimado foi de apenas 0,49%, o menor entre os tratamentos avaliados. No entanto, a perda natural da viabilidade das sementes de café durante o armazenamento, que ocorre principalmente pela redução da capacidade antioxidante total, associado ao estresse térmico imposto na montagem desse teste, pode ter favorecido para que esse valor tão baixo (Ferreira *et al.*, 2022). A redução precoce da qualidade fisiológica nesse tratamento também foi constatada no IVE, que apresentou a queda mais acentuada (0,127).

Apesar do efeito do OE de *C. citratus* não ter superado os outros OE durante o armazenamento, o desempenho não diferiu do controle. De acordo com Nascimento *et al.* (2021), a eficácia de um OE no tratamento de sementes depende da composição química, do tempo de exposição, técnica de aplicação, entre outros. Gomes *et al.* (2019) destacam que as variações nos efeitos do uso de OE em sementes, sejam positivos ou não, dependem principalmente da combinação e da proporção dos constituintes químicos do OE e da interação entre as espécies estudadas. Ademais, o potencial do uso do OE de *C. citratus* para uso no tratamento alternativo de sementes deve ser avaliado em conjunto com os resultados do controle sanitário.

O tratamento *C. winterianus* foi o que apresentou os maiores valores ajustados para CHR (61,54 mm), aos 5,5 meses. Comparado ao controle, nesse tratamento os pontos máximos ocorreram mais tardiamente, mas ainda sim antes dos 6 meses de armazenamento. Lozada *et al.* (2019) e Araujo Neto *et al.* (2012) concluíram que esse OE é eficiente na conservação de sementes de cebola (*Allium cepa*) e de erva-doce (*Foeniculum vulgare*), podendo inclusive, promover efeitos benéficos adicionais durante a germinação.

No tratamento com OE de *S. aromaticum*, os valores máximos ajustados para as variáveis de germinação e vigor ocorreram entre o quarto e o sexto mês de armazenamento, sendo a TG (85,53%), a PRO (96,96%) e a EA (72,08%) superiores aos dos demais tratamentos. Os coeficientes angulares do EME indicam que a queda mensal desse tratamento foi similar ao do *E. globulus* e ao controle, com redução média de 5,35%. Já para o IVE, a

redução foi similar ao *E. globulus*, *M. alternifolia* e o controle, com queda mensal média de 0,096. Silva (2013) avaliou a viabilidade e o grau de infestação das sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), tratadas com diferentes concentrações de OE de *S. aromaticum* e armazenadas em diferentes tipos de ambiente; e também obteve melhores resultados na qualidade fisiológica até os 6 meses, com exceção da concentração mais alta (8%) que promoveu efeitos fitotóxicos.

Para as sementes tratadas com OE de *E. globulus*, a máxima TG estimada (84,36%) foi no tempo de 4 meses. Assim como os demais OE e o controle, os melhores valores de qualidade fisiológica foram entre o terceiro e quinto mês de armazenamento. Observações semelhantes ocorreram no tratamento com OE *M. alternifolia*, em que a maioria das variáveis apresentou valor máximo entre 3 e 5 meses. A MHR foi a única variável que teve ponto máximo ajustado em um tempo maior que 6 meses, tal como o controle (7,8 meses).

As sementes tratadas com TECTO[®], mantiveram qualidade fisiológica similar ao controle, durante todo o armazenamento. No entanto na variável MHR, o comportamento não ajustou a nenhum dos modelos testados. Ressalta-se que, apesar da desse tratamento ter conservado a qualidade fisiológica das sementes de café os riscos de usar um produto fitossanitário não recomendado para a cultura, prática usada por viveiristas e produtores de sementes de café, englobam a possível fitoxidez, ineficiência da aplicação, além de danos ambientais e intoxicação aos que manipulam o material tratado (Penido *et al.*, 2021).

Embora não tenham sido observados efeitos tóxicos dessa dose de fungicida nas sementes de café arábica, diante dos resultados promissores encontrados nos tratamentos com OE, e das vantagens ambientais que esse produto natural oferece, é importante estimular o uso desses produtos mais naturais na cafeicultura. Outro fator relevante, que incentiva o uso desses produtos naturais em vez dos sintéticos, é que podem ser extraídos de plantas medicinais e aromáticas da flora brasileira, facilitando o acesso pelos produtores rurais, que inclusive podem cultivá-las em suas propriedades (Cunico *et al.*, 2006).

4 CONCLUSÕES

Os óleos essenciais de *Rosmarinus officinalis* e *Cymbopogon winterianus* conservam a germinação e o vigor de sementes de café arábica por nove meses de armazenamento.

Os óleos essenciais de *Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* e *Melaleuca alternifolia* não alteraram o comportamento da germinação e do vigor de sementes de café arábica por doze meses de armazenamento.

REFERÊNCIAS

- AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M. Secagem, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes do cafeeiro. **Revista Brasileira de Armazenamento**, n. 9, p. 67-82, 2006.
- AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 16/12/2023
- ARAUJO NETO, A. C. A.; P. C.; SOUZA, W. C.; MEDEIROS, J. G.; SANTOS, S. R. NETO. Atividade antifúngica do óleo essencial de citronela em sementes de erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mil). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 34, 2012.
- ARAUJO, R. F.; ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; PINTO, C. M. F. Qualidades fisiológica e sanitária de sementes de pinhão-manso submetidas a tratamentos alternativos e químico, e ao armazenamento. **Summa Phytopathologica**, v. 47, n. 3, p. 173-179, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/251465>
- BAIOTTO, C. S.; BAIOTTO, L. M. C.; BEBER, S. C.; KLEIBERT, K. R. U.; FELL, A. P. W.; BABESKI, C. M.; BANDEIRA, W. J. A.; BASSO, N. C. F.; SILVA, J. A. G.; COLET, C. F. Antifungal effect of essential oils on control of phytopathogens in stored soybean seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 4, p. 272-278, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n4p272-278>.
- BAUDET, L. M. L. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; ROSENTAL, M. D.; ROTA, G. R. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**, Pelotas: Universitária – UFPel, p. 370-418, 2003.
- BRANDÃO JUNIOR, D. D. S.; VIEIRA, M. D. G. G. C.; GUIMARÃES, R. M. e HILHORST, H. W. Tolerância à dessecação de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 2, p.17-23, 2002.
- BRASIL. **Instrução Normativa**. Nº 35, de 29 de novembro de 2012. Aprova o regulamento técnico para produção e comercialização de material de propagação de cafeeiro (*Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). Brasília, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília, DF: CLAV: DNDV: SNDA: MA. 2009. 399 p.

BRITO, R. **Uso de zeína, óleos essenciais e vegetal no revestimento de sementes de feijão-vagem no armazenamento**. Tese, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017. 148 p.

CARVALHO, A. F.; SILVA, D. M.; SILVA, T. R. C.; SCARCELLI, E.; MANHANI, M. R. Avaliação da atividade antibacteriana de extratos etanólico e de ciclohexano a partir das flores de camomila (*Matricaria chamomilla L.*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16., n. 3, p. 521-526, 2014. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-084X/12_159

CARVALHO, M. V. **Teste de envelhecimento acelerado em sementes de café**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019. 72 p.

CASALI, V. W. D.; OLIVEIRA, J. E. Z.; DORES, R. G. R.; CASTRO, D. M.; MARTINS, E. R. **Prospecção de plantas medicinais**. Viçosa: Editora UFV, 2015. 133 p.

CORRÊA, P. C.; BOTELHO, F. M.; BOTELHO, S. C. C.; GONELI, A. L. D. Isotermas de sorção de água de frutos de *Coffea canephora*. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 10, p.1047-1052, 2014. DOI: doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p1047-1052

CUNICO, M. M.; CARVALHO, J. L. S.; ANDRADE, C. A.; MIGUEL, O. G.; MIGUEL, M. D.; AUER, C. G. e YAMAMOTO, C. I. Atividade antifúngica de extratos brutos de *Ottonia martiana* Miq., *Piperaceae*. **Visão Acadêmica**, v. 7, p. 15-24, 2006.

DALMOLIN, S. F.; PERSEL, C.; CRUZ-SILVA, C. T. A. Alelopatia de capim-limão e sálvia sobre a germinação de picão preto. **Revista cultivando o saber**, v. 5, n. 3, p.176-189, 2012.

DARONCO, M. V.; SCHNEIDER, A.; VIAU, L. V.M.; COLET, C. F. Avaliação da eficácia de óleos essenciais no tratamento de sementes de soja. **Ciência Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 49-58, 2015. DOI: <https://doi.org/10.28998/rca.v13i1.1870>

DUKE, S. O.; DAYAN, F. E.; RIMANDO, A. M.; SCHRADER, K. K.; ALIOTTA, G.; OLIVA, A.; ROMAGNI, J. G. Chemicals from nature for weed management. **Weed Science**, v. 2, n. 50, p. 138-151, 2002.

DUSSERT, S.; DAVEY, M.W.; LAFFARGUE, A.; DOULBEAU, S.; SWENNEN, R.; ETIENNE, H. Oxidative stress, phospholipid loss and lipid hydrolysis during drying and storage of intermediate seeds. **Physiologia Plantarum**, v. 127, n. 2, p. 192-204, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2006.00666.x>

DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 715-721, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000300010>

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behaviour? **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 41, n. 230, p. 1167-1174, 1990.

FAGODIA, S. K.; SINGH, H. P.; BATISH, D. R.; KOHLI, R. K. Phytotoxicity and cytotoxicity of *Citrus aurantiifolia* essential oil and its major constituents: limonene and citral. **Industrial Crops and Products**, v. 108, n. 2, p. 708-715, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.005>

FARIAS, O. R.; CRUZ, J. M. F. L.; ROMMEL, S. S.; SILVA, H. A. O.; NASCIMENTO, L. C. Atividade antifúngica do óleo de alecrim sobre sementes de *Phaseolus lunatus*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 1, p. 23-30, 2020. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.18742>

FAZUOLI, L. C.; TOMA, B. M.; CONCEIÇÃO, A. S.; SILVAROLLA, M. B. Estudo de conservação de sementes de café arábica e robusta. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa dos Cafés do Brasil. [Anais]. Brasília: Embrapa Café. 2001. p. 1351-1356.

FERREIRA, A. S.; DEMARTELAERE, A. C. F.; PRESTON, H. A. F.; FEITOSA, S. S.; SILVA, T. B. M.; MEDEIROS, J. G. F.; BEZERRA, J. D. A. M. Qualidade fisiológica e sanitária em sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. tratadas com óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* L. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 78916-78928, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-357>

FERREIRA, I. A.; FÁVARIS, N. A. B.; ROSA, S. D. V. F.; COELHO, S. V. B.; RICARDONI, M. A.; COSTA, M. C. Trolox equivalent antioxidant capacity of *Coffea arabica* L. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 46, n. 1, p. 1-10, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202246000522>

GOLLDFARB, M.; QUEIROGA, V. D. P. Considerações sobre o armazenamento de sementes. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 7, n. 3, p. 71-74, 2013.

GOMES, R. D. S. S.; FARIAS, O. R.; DUARTE, I. G.; SILVA, R. T., CRUZ; J. M. F. L.; NASCIMENTO, L. C. Qualidade de sementes de *Bauhinia variegata* tratadas com óleos essenciais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 1-5, 2019. DOI: 10.4336/2019.pfb.39e201801647

GOULART, A. C. P. **Fungos Em Sementes De Soja: Detecção, Importância E Controle**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília, 2ª edição, 2018. 71 p.

GRAÑA, E.; SOTELO, T.; DÍAZ-TIELAS, C.; ARANITI, F.; KRASUSKA, U.; BOGATEK, R.; REIGOSA, M. J.; SÁNCHEZ-MOREIRAS, A. M. Citral induces auxin and ethylene-mediated malformations and arrests cell division in *Arabidopsis thaliana* roots. **Journal of Chemical Ecology**, v. 39, n. 2, p. 271-282, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-013-0250-y>

JABRAN, K. Manipulation of allelopathic crops for weed control. In: JABRAN, K. **Plant Science**. Switzerland, Springer International Publishing, 2017. 87 p.

KATO-NOGUCHI, H. Effects of four benzoxazinoids on gibberellin-induced α -amylase activity in barley seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 165, n. 18, p. 1889-1894, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2008.04.006>

KING, S. R.; AMBIKA, R. Allelopathic plants. *Chromolaena odorata* (L.). **Allelopathy Journal**, v. 9, n. 1, p. 35-41, 2002.

LOZADA, M. I. O.; SILVA, P. P.; PEREIRA, R. B. E NASCIMENTO, W. M. Essential oils in the control of *Colletotrichum gloeosporioides f. sp. cepae* in onion seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 3, p. 510-518, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190060>

MAGUIRE, J. D. Speed germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. edição. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MENTEN, J. O.; MORAES, M. H. D. Tratamento de sementes: histórico, tipos, características e benefícios. Avanços no tratamento e recobrimento de sementes. **Informativo ABRATES**, v. 20, n. 3, p. 52-53, 2010.

MIRANDA, C. A. S. F.; CARDOSO, M. G.; CARVALHO, M. L. M.; MACHADO, S. M. F.; GOMES, M. S.; SANTIAGO, J. A.; TEIXEIRA, A. M. L. Atividade alelopática de óleos essenciais de plantas medicinais na germinação e vigor de aquênios de alface. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1783-1798, 2015.

MONTANARI, R. M. **Composição química e atividades biológicas dos óleos essenciais de espécies de *Anacardiaceae*, *Siparunaceae* e *Verbenaceae***. Tese, Universidade Federal de Viçosa, 2010. 173 p.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. s4050-s4063. 2009.

MORAIS, L. A. S.; RAMOS, N. P.; GONÇALVES, G. G.; BETTIOL, W.; CHAVES, F. C. M. Atividade antifúngica de óleos essenciais em sementes de feijão cv. carioquinha. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. S6261-S6266, 2008.

NASCIMENTO, D. M. D. **Efeito do tratamento de sementes de pimentão com óleos essenciais sobre o controle de *Colletotrichum gloeosporioides* e o potencial fisiológico das sementes**. Dissertação, Faculdade de Ciências Agrônomicas -Unesp, 2017. 66p.

NASCIMENTO, D. M.; RIBEIRO-JUNIOR, M. R.; SANTOS, P. L.; PEREIRA, A. E.; KRONKA, A. Z. Óleos essenciais no tratamento de sementes. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 27, n. 1, p. 77-90, 2021. DOI: 10.31976/0104-038321v270004

NETO, L. G.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

OLIVEIRA, I. C.; REGO, C. H. Q.; CARDOSO, F. B.; ZUFFO, A. M.; CÂNDIDO, A. C.; ALVES, C. Z. Protrusão radicular na qualidade de sementes de chia. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 282-287, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n129rc>

OLIVEIRA, R. S.; CONSTANTINI, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. ISBN: 978 85-64619. Primeira edição. Curitiba: Ominipax, 2011. 398 p.

OOTANI, M. A.; AGUIAR, R. W.; RAMOS, A. C. C.; BRITO, D. R.; SILVA, J. B.; CAJAZEIRA, J. P. Use of essential oils in agriculture. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 2, p. 162-175, 2013.

PENIDO, A. C.; RODRIGUES, V. O.; CARVALHO, M. V.; KREPISCHI, L. S.; PEREIRA, C. C.; OLIVEIRA, J. A. Efeito do tratamento químico na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de café armazenadas. **Journal of Seed Science**, v. 43, p. e202143009, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v43237239>

PERTEL, J. **Alterações fisiológicas e bioquímicas durante o envelhecimento natural e artificial de sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. Tese, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 117 p.

PIATI, A.; SCHNEIDER, C. F.; NOZAKI, M. H. Efeito *in vitro* do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* sobre o crescimento e desenvolvimento de *Penicillium* sp. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 1033-1040, 2011.

PIERRE, R. O. **Óleo essencial e extrato de cravo-da-índia no controle de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente da mancha manteigosa, em sementes e mudas de café**. Dissertação, Universidade Federal de Lavras, 2009. 74 p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**, 13. edição. São Paulo, Nobel, 1990. 466 p.

PINTO, N. D. A. Tratamento de sementes, uso de fungicidas e qualidade sanitária de grãos. [Anais]. 9º Seminário Nacional de Milho Setrinhe, Rumo à estabilidade. Dourados, 2007. p.150-161.

RIBEIRO, M. D. F.; SOUZA, G. A.; ARAÚJO, E. F.; PIRES, R. M. D. O.; MARTINEZ, P. A. H.; PINTO, C. L. O.; DONZELES, S. M. L. Alternative methods of biological control in maintaining the viability of stored coffee seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 10, p. 818-824, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10491>

RIBEIRO, M. F. **Cadernos de Agroecologia**. In: Avaliação de produtos vegetais naturais, produtos químicos e biofungicidas para controle de contaminações fúngicas em sementes de café, v. 6, n. 2, 2011.

SCHUCH, J. Z.; LUCCA FILHO, O. A.; PESKE, S. T.; DUTRA, L. M. C.; BRANÇÃO, M. F.; ROSENTHAL, M. D. Á. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de arroz com diferentes graus de umidade e tratadas com fungicida. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 45-53, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000100007>

SENEME, A. M.; SILVA, F. C.; RUARO, L.; FERRIANI, A. P.; MORAES, C. P. Controle de patógenos em sementes de sorgo com óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. **Nucleus**, v. 16, n. 2, p. 433-440, 2019. DOI: <https://10.3738/1982.2278.3663>

SILVA, A. V.; SILVA, C. M.; AZEVEDO, M. C.; SILVA, J. H. B.; NÓBREGA, J. S.; FÁTIMA, R. T.; MIELEZRSKI, F. Influência de óleos essenciais na qualidade de sementes de *Vigna unguiculata* L. (Walp.) comparado pelo método tradicional, análise de imagem e multivariada. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. e272616, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.272616>

SILVA, C. M. **Extratos naturais na qualidade sanitária e fisiológica de Sementes de feijão-caupi**. Tese, Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2021. 83 p.

SILVA, D. P.; SANTOS, S. G. F.; RODOVALHO, R. S. Isotermas de Sorção dos Grãos de Café. [Anais] - VII Conferência Brasileira de Pós-Colheita. 2014. p. 266-261, Disponível em: https://eventos.abrapos.org.br/anais/paperfile/910_20181103_02-19-29_779.pdf

SILVA, K. M. D. J.; PINHO, R. G. V.; PINHO, É. V. D. R. V.; OLIVEIRA, R. M. D.; SANTOS, H. O. D.; SILVA, T. S. Tratamento químico e tamanho de sementes de milho na qualidade fisiológica e sanitária durante o armazenamento. **Journal of Seed Science**, v. 42, p. 1-9, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42219569>

SILVA, K. M. D. **Potencial fisiológico de sementes armazenadas de feijão Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) tratadas com óleo essencial de cravo da Índia**. Dissertação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013. 68 p.

SILVA, L. F. L. E.; SOUZA, D. C.; RESENDE, L. V.; NASSUR, R. D. C. M.; SAMARTINI, C. Q.; GONÇALVES, W. M. Nutritional evaluation of non-conventional vegetables in Brazil. Academia Brasileira de Ciências. [Anais], v. 90, p. 1775-1787, 2018.

SOUZA, R. A. **Armazenamento de sementes de café submetidas à secagem a pleno sol em terreiro suspenso e à secagem por ventilação forçada à sombra.** Tese, Universidade Federal de Viçosa, 2023. 99 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 5ª edição. São Paulo: Editora Artmed, 2013. 918 p. Viçosa, 2021. 83 p.

XAVIER, M. V. A.; OLIVEIRA, C. R. F.; BRITO, S. S. S.; MATOS, C. H. C.; PINTO, M. A. D. S. C. Viabilidade de sementes de feijão-caupi após o tratamento com óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, n. 1, p. 250–254, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722012000500021>

ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F. e REIS, M. S. Uso do teste Lercafé para a caracterização de danos em sementes de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p.1601-1607, 2008.

CAPÍTULO II

CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE SANITÁRIA DE SEMENTES DE CAFÉ ARÁBICA TRATADAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS

RESUMO

As sementes são eficientes vias de disseminação de fitopatógenos, principalmente de fungos, que podem sobreviver e proliferar durante o armazenamento. A redução do teor de água e o tratamento com fungicidas são estratégias para impedir que esses microrganismos interfiram na qualidade de sementes armazenadas. No entanto, as sementes de arábica café são sensíveis à dessecação e não existem produtos recomendados para o controle de fungos durante o armazenamento. Alguns óleos essenciais (OE) possuem ação bactericida, inseticida e fungicida, podendo ser usados no tratamento de sementes, contanto que não prejudiquem a qualidade fisiológica. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a qualidade sanitária de sementes de café arábica tratadas com diferentes OE, durante o armazenamento. Para o teste sanitário *Blotter* adotou-se o delineamento experimental em blocos, com fatorial 8x5, sendo seis tipos de óleo essencial, um fungicida sintético e um controle, por cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses), com três repetições. Cada uma das três BODs usadas para a incubação dos fungos foi considerada um bloco. Os seis tipos de OE (*Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* e *Melaleuca alternifolia*) foram aplicados na concentração de 1%, diretamente sobre sementes com pergaminho. Para comparação, foi usado o fungicida sintético TECTO[®], na dosagem de 1 ml kg⁻¹, e uma amostra controle, sem tratamento, que recebeu apenas 5 ml de água destilada. Após tratadas, as sementes foram acondicionadas em embalagem plástica (0,12 milímetros) e armazenadas em câmara fria (13 ±2 °C e UR=70%), por 12 meses. Os resultados foram submetidos à análise estatística descritiva a partir das médias e desvio-padrão amostral. Os gêneros da flora fúngica associada às sementes sem tratamento foram o *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Rhizopus*, com infestação maior do que nas sementes tratadas com OE e TECTO[®]. Os óleos essenciais extraídos das plantas medicinais e aromáticas *Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*,

Cymbopogon winterianus, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* e *Melaleuca alternifolia* controlaram os fungos de armazenamento, *Aspergillus* e *Rhizopus*, e dos fungos de campo, *Cladosporium* e *Fusarium*, em sementes de café arábica por doze meses. Esses OE não controlam os fungos de armazenamento do gênero *Penicillium* em sementes de café arábica nas condições avaliadas.

Palavras-Chave: Sanidade de Sementes. Tecnologia de Sementes. Produtos Naturais. Fungos de Armazenamento. Fungos de Campo.

THE SANITARY QUALITY OF ARABIC COFFEE SEEDS TREATED WITH ESSENTIAL OILS

ABSTRACT

Seeds are efficient routes for the dissemination of phytopathogens, mainly fungi, which can survive and proliferate during storage. Reducing the water content and treating with fungicides are strategies to prevent these microorganisms from interfering with the quality of stored seeds. However, arabica coffee seeds are sensitive to desiccation and there are no recommended products for controlling fungi during storage. Some essential oils (EO) have bactericidal, insecticidal and fungicidal action and can be used to treat seeds, as long as they do not harm the physiological quality. The objective of this work was to evaluate the sanitary quality of arabica coffee seeds treated with different EO during storage. For the Blotter sanitary test, an experimental block design was adopted, with an 8 x 5 factorial, with six types of essential oil, a synthetic fungicide and a control, for five storage times (0, 3, 6, 9 and 12 months), with three repetitions. Each of the three BODs used for incubating the fungi was considered a block. The six types of EO (*Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* and *Melaleuca alternifolia*) were applied at a concentration of 1%, directly on seeds with parchment. For comparison, the synthetic fungicide TECTO® was used, at a dosage of 1 milliliter per kilogram, and a control sample, without treatment, received only 5 milliliters of distilled water. After being treated, the seeds were placed in plastic packaging (0.12 millimeters) and stored in a cold room (13 ±2 °C and 70% of relative humidity), for up to 12 months. The results were subjected to descriptive statistical analysis based on sample means and standard deviation. The genera of fungal flora associated with untreated seeds were *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* and *Rhizopus*, with greater infestation than in seeds treated with EO and TECTO®. Essential oils extracted from the medicinal and aromatic plants *Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* and *Melaleuca alternifolia* controlled storage fungi, *Aspergillus* and *Rhizopus*, and field fungi, *Cladosporium* and *Fusarium*, in coffee seeds

arabica for twelve months. These EOs do not control storage fungi of the genus *Penicillium* in arabica coffee seeds under the conditions evaluated.

Keywords: Seed Sanitary. Seed Technology. Natural Products. Storage Fungi. Field Fungi.

1 INTRODUÇÃO

As sementes e as estruturas vegetativas usadas para propagação são eficientes vias de disseminação de fitopatógenos. Como a propagação seminífera é a técnica mais utilizada para a produção de mudas de várias espécies agrícolas de importância econômica, os microrganismos associados a elas podem se disseminar e causar danos em extensas áreas. Para controlar a disseminação de doenças e a contaminação de regiões livres, a verificação da qualidade sanitária das sementes é imprescindível (Goulart, 2018).

A identificação dos fitopatógenos e a forma como eles estão associados à semente são essenciais para determinar a severidade da contaminação e direcionar as tomadas de decisões. Os três principais tipos de associação são: a) o patógeno usa a semente apenas como vetor e não a ataca; b) o patógeno infecta apenas a superfície externa da semente; c) o patógeno ataca o endosperma e/ou embrião, podendo ou não se manifestar na plântula (Parisi; Medina, 2013).

A diversidade de microrganismos associados às sementes é resultante dos manejos ao longo da cadeia produtiva. Para Galli; Panizi e Vieira (2007), a flora microbiana das sementes é, geralmente, composta por actinomicetos, bactérias, vírus e fungos, sendo esse último microrganismo o mais importante devido ao número de espécies e à extensão dos danos potenciais (Rocha *et al.*, 2014). Os fungos são os fitopatógenos de armazenamento mais importantes, visto que os demais microrganismos têm a patogenicidade reduzida em superfícies com baixa atividade de água e temperaturas amenas (Athayde Sobrinho; Santos; Silva, 2020).

Os fungos podem ser classificados em “fungos de campo”, quando se associam às sementes antes da colheita, ou “fungos de armazenamento”, quando a associação acontece após a colheita. No geral, os fungos de armazenamento, que são de hábito saprófito, proliferam em sucessão aos fungos de campo, pois são mais adaptados às baixas temperaturas e umidades (Pinciroli *et al.*, 2013). Os gêneros *Cephalosporium*, *Fusarium*, *Gibberella*, *Nigrospora*, *Helminthosporium*, *Alternaria* e *Cladosporium* constituem os principais gêneros de fungos de campo; enquanto o *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Mucor* constituem os principais gêneros de fungos armazenamento (Soares *et al.*, 2017; Rocha *et al.*, 2020).

Braccini *et al.* (1999) listaram os cinco gêneros de fungos encontrados durante o armazenamento em sementes de café robusta: *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Alternaria*, *Aspergillus* e *Penicillium*. Ao avaliarem o efeito de tratamentos químicos na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de café arábica armazenadas, Penido *et al.* (2020) observaram a ocorrência dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Phoma*. Em ambos

os trabalhos houve predominância dos gêneros *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium*, com elevação da infestação ao decorrer do tempo.

O controle de fungos associados às sementes de café durante o armazenamento é um desafio para a produção de sementes convencional, pois não há registro de defensivos químicos recomendados para a cultura (Penido, 2021), pela plataforma AGROFIT (AGROFIT, 2023). No entanto, o mercado consumidor, interno e externo, tem pressionado o setor agrícola a buscar por alternativas mais sustentáveis. Essa demanda ocorre devido às consequências do uso indiscriminado de defensivos sintéticos sobre o meio ambiente e, principalmente, pelo risco associado aos resíduos nos alimentos. A substituição dos defensivos sintéticos por produtos naturais no controle de pragas e doenças, pode assegurar o rendimento da cultura, além de reduzir a contaminação humana e ambiental (Machado, 2000; Ribeiro *et al.*, 2016).

Os princípios ativos de origem vegetal têm sido cada vez mais estudados, em razão da ação antimicrobiana comprovada em diversos estudos (Prakash *et al.*, 2012). Um dos compostos de interesse são os óleos essenciais, que são produzidos pelo metabolismo secundário das plantas em resposta às interações ecológicas com o meio ambiente no qual está inserida (Taiz; Zeiger, 2013). A complexidade química e a variedade desses compostos contribuem para o amplo espectro de ação no controle de microrganismos, além de dificultar a resistência genética dos microrganismos, que tem sido considerado uma das consequências do uso seguido de produtos fitossanitários com o mesmo mecanismo de ação.

A composição química dos óleos essenciais pode apresentar ampla variação, embora seja comum encontrar os compostos majoritários dentro da mesma espécie ou gênero (Casali *et al.*, 2015). Como exemplo, Oyedeji *et al.* (2009) identificaram 20 constituintes no óleo essencial das folhas de calistemo (*Callistemon viminalis*), dentre os quais se destacaram o 1,8-cineol (83,2%), α -pineno (6,4%) e α -terpineol (4,9%). Por sua vez, Silva *et al.* (2010) identificaram esses mesmos constituintes majoritários, porém em proporções diferentes: 1,8-cineol (65%), α -terpineol (13%) e α -pineno (12%).

A eficiência da atividade antimicrobiana dos óleos essenciais no controle de fungos associadas às sementes pode ser evidenciada por diversos estudos disponíveis na literatura. Farias *et al.* (2020) e Ferreira *et al.* (2020) verificaram que o óleo de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) foi eficaz no controle do crescimento inicial de fungos em sementes de feijão-fava (*Vicia faba*) e leucena (*Leucaena leucocephala*), respectivamente. O óleo essencial de capim-cidreira (*Cymbopon citratus*) reduziu a infestação de *Fusarium* em sementes de sorgo

(*Sorghum bicolor*) (Seneme *et al.*, 2019) e de *Colletotrichum gloeosporioides* em sementes de cebola (*Allium cepa*) (Lozada *et al.*, 2019). O controle de *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium* em sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*) foi efetivo após a aplicação de óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) (Santos; Mendes, 2021). O óleo dessa espécie também reduziu em 80% a infestação pelos fungos *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria* e *Cladosporium* em sementes de mamona (*Ricinus communis*) (Souza Junior *et al.*, 2012).

A redução da incidência de *Fusarium* e de micotoxinas em sementes de soja (*Glycine max*), após aplicação de óleo de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), foi observada por Daronco *et al.* (2015). Farias *et al.* (2023) também encontrou bons resultados do tratamento de sementes da espécie arbórea sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), no qual a aplicação de OE de *E. globulus*, nas concentrações entre 0,25% e 1%, reduziram a incidência de *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Periconia* nas sementes, além de ter favorecido o crescimento de raízes e da parte aérea. Os testes *in vitro* indicaram o potencial do óleo de melaleuca (*Melaleuca alternifolia*) no tratamento de *Cercospora coffeicola* (Pereira, 2008) e no controle de *Alternaria alternata* (Alves, 2019; Martins *et al.*, 2011).

O mecanismo de ação antimicrobiana não é totalmente esclarecido. Segundo os estudos realizados por Dorman e Deans (2000), a maioria dos extratos vegetais com propriedades antibacterianas interfere na estrutura da parede celular, desnaturando e coagulando proteínas e, principalmente, na permeabilidade da membrana plasmática. As alterações na permeabilidade da membrana desencadeiam uma série de processos letais às células, como a perda do controle quimio-osmótico. Para os autores, a similaridade da natureza lipídica facilita a interação entre eles.

Diante da importância da conservação da qualidade fisiológica e do controle sanitário das sementes durante o armazenamento, é indispensável o tratamento prévio com fungicida. No entanto, as opções para o controle dos fungos durante o armazenamento em sementes de café são escassas, dificultando a rotina de produtores de sementes e viveiristas. Por outro lado, os óleos essenciais, extraídos de plantas medicinais e aromáticas, apresentam alto potencial no controle de fungos recorrentes no armazenamento de sementes de diversas espécies agrícolas.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar, durante o armazenamento, a qualidade sanitária de sementes de café arábica tratadas com óleos essenciais extraídos de plantas medicinais e aromáticas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi conduzida durante 15 meses, de maio de 2021 a agosto de 2022, no Laboratório de Pesquisa de Sementes da Universidade Federal de Viçosa, situada em Viçosa, Minas Gerais. Foram utilizadas sementes de *Coffea arabica* L., cultivar Paraíso MG H419-1 da safra de 2021, adquiridas em campo de produção de sementes registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), localizado no município de Paula Cândido, Minas Gerais (42° 54' 56,7" W e 20° 49' 46,3" S).

2.1 Colheita, processamento e beneficiamento das sementes

As etapas de colheita, processamento e beneficiamento foram conduzidas de acordo com a rotina padrão da fazenda, que são realizadas em conformidade com a Instrução Normativa nº 35, de 29 de novembro de 2012, do MAPA (Brasil, 2012). Após a colheita manual dos frutos no estádio cereja, estes passaram pela pré-limpeza, lavagem, seleção, descascamento e desmucilagem por fermentação natural, em que permaneceram no tanque por 12 horas. Em seguida, as sementes foram lavadas, separadas da mucilagem e tiveram o excesso de teor de água reduzido com secagem a pleno sol.

As sementes foram transportadas até o setor de Secagem e Armazenamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde a secagem foi completada. Para isso, as sementes foram espalhadas em camadas finas sobre telados suspensos a pleno sol. Para a determinação do teor de água inicial foi usado o método da estufa, a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas, com quatro amostras de 25 sementes, conforme o descrito em Brasil (2009), obtendo o valor de 46%. A partir das informações de massa úmida inicial e teor de água inicial das sementes, foi calculada a massa seca e, posteriormente, deduzida a massa final correspondente ao teor de água de 25%. Para o acompanhamento da evolução da perda de massa de água, utilizou-se balança digital, com pesagens a cada 30 minutos. Entre as pesagens, as sementes foram revolvidas manualmente a cada 15 minutos.

Após atingirem 25% de teor de água, foi realizado o expurgo das sementes com fosfeto de alumínio (Fosfina - Gastoxin[®]), por 48 horas, visando o controle da praga broca do café (*Hypothenemus hampei*), detectadas durante o revolvimento das sementes. Em seguida, o montante total de sementes foi fracionado em porções de 300 gramas, uma para cada unidade experimental, e acondicionadas em embalagens de polietileno com gramatura de 0,12 milímetros.

2.2 Definição, obtenção e aplicação dos tratamentos

Para a escolha dos tipos e da dosagem dos óleos essenciais foram considerados os resultados encontrados em revisão de literatura, considerando a eficácia no controle de fungos associados às sementes, os efeitos sobre a qualidade fisiológica e a disponibilidade do produto em estabelecimentos comerciais. Dessa forma, foram escolhidos seis tipos de óleos essenciais e a concentração de 1%.

Para o preparo da solução, pipetaram-se 50 microlitros do produto, que foram diluídos em 4,95 mililitros de água destilada. A solução foi vertida dentro da embalagem plástica, com aplicação direta sobre as sementes com pergaminho, seguido da agitação manual até o total espalhamento. Essa metodologia foi escolhida pela facilidade de execução em ambientes com pouca infraestrutura, como em viveiros, e pela similaridade com a aplicação de outros tratamentos em sementes.

Os óleos essenciais usados foram adquiridos no estabelecimento do Grupo Laszlo, que disponibilizou as informações sobre a extração e cromatografia de cada produto (Tabela 1):

Tabela 11 – Informações da análise cromatográfica e os respectivos estudos que motivaram a escolhas dos óleos essenciais

Nome científico	Nome comum	Composição química (%)	Data da cromatografia	Revisão de literatura
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Alecrim	α -pineno: 4,0; α -terpineol: 0,6; canfeno: 0,9; canfora: 28,9; eucaliptol: 37,5; limoneno: 20,8; linalool: 0,5; mirceno: 1,1; p-cimeno: 1,9; sabineno: 0,2; β -cariofileno: 0,7; β -pineno: 1,0; terpinen-4-ol: 0,2; γ -terpineno: 0,6; outros: 1,1.	Novembro, 2020	Farias <i>et al.</i> (2020); Ferreira <i>et al.</i> (2020).
<i>Cymbopogon citratus</i>	Capim-cidreira	mirceno: 8,9; 5-hepten-2-ona: 1,4; ciclohexanona: 0,4; linalool: 0,8; β -cariofileno: 0,8; neral: 33,9; geranial: 46,1; acetato de geranila: 0,3; geraniol: 2,9; outros: 4,5.	Fevereiro, 2021	Dalmolin; Perse e Cruz-Silva (2012); Semene <i>et al.</i> (2019); Silva (2021).
<i>Cymbopogon winterianus</i>	Citronela	α -pineno: 0,2; β -pineno: 0,3; metil heptenona: 0,3; mirceno: 0,6; p-cimeno: 0,2; limoneno: 4,6; Z- β -ocimeno: 0,3; linalool: 1,3; citronelal: 45,5; citronelol: 1,1; geraniol: 0,4; metileugenol: 6,2; geranil acetato: 7,8; citronelilformato: 6,3; β -cariofileno: 0,3; γ -muuroleno: 2,1; α -muuroleno: 1,4; elemol: 4,2; nerolidol: 10,4.	Março, 2021	Brito (2017); Silva (2021); Nascimento (2017).
<i>Syzygium aromaticum</i>	Cravo-da-índia	Eugenol: 88,5; cariofileno: 8,6; acetato de eugenila: 1,7.	Setembro, 2020	Pierre (2019); Nascimento (2017).
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	3-metil butanal: 0,1; α -pineno: 2,94; β -pineno: 0,27; Mirceno: 0,53; δ -3-careno: 0,24; α -terpineno: 0,6; p-cimeno: 5,67; β -felandreno: 7,42; 1,8-cineol: 81,53; Z- β -ocimeno: 0,72; aromadendreno: 0,06; globulol: 0,05.	Dezembro, 2020	Nascimento (2017); Piat; Schneider; Nozaki (2011)
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Melaleuca	α -thujeno: 0,5; α -pineno: 4,4; Sabineno: 0,3; β -pineno: 1,2; mirceno: 0,4; α -felandreno: 0,3; α -terpineno: 5,9; p-cimeno: 6,7; limoneno: 1,8; 1,8-cineol: 1,9; γ -terpineno: 17,5; terpinoleno: 3,4; terpinen-4-ol: 42,4; α -terpineol: 2,9; β -gurjuneno: 1,1; viridiflorino: 1,1; cis-calameno: 1,3.	Março, 2021	Brito (2017); Morais <i>et al.</i> (2008)

Fontes: GRUPO LASZLO (2021); Autora (2024).

Apesar de não ter produto comercial recomendado para a cultura do café, o fungicida sistêmico da marca TECTO[®], cujo princípio ativo é o tiabendazol (485 g.L⁻¹), tem sido uma das opções usadas por produtores de sementes de café e viveiristas para a conservação durante o armazenamento. Para avaliar o possível efeito desse fungicida, foi usada a dosagem habitual de 1 mililitro por quilograma de semente, diluído em água destilada até a concentração de 20%. A aplicação do TECTO[®] seguiu a mesma metodologia usada nos óleos essenciais, além de considerar os equipamentos de proteção individual recomendados pelo fabricante na bula.

O controle não recebeu nenhum produto com ação fungicida, mas foram aplicados 5 mililitros de água destilada para padronizar o ganho de umidade entre os tratamentos. A aplicação da água destilada seguiu a mesma metodologia usada para os óleos essenciais e o TECTO[®].

Após a aplicação dos tratamentos, as sementes foram expostas à ventilação natural, em local fresco, por 2 horas. Em seguida, as embalagens foram seladas, com o auxílio de uma seladora mecânica. O armazenamento das sementes foi em câmara fria compartilhada, disponibilizada pela EPAMIG-Sudeste, regulada a 13 ± 2 °C e $70 \pm 5\%$ de umidade relativa, onde permaneceram por 12 meses.

2.3 Avaliação da qualidade sanitária das sementes

- **Teste de “Blotter”:** foi utilizado conforme a metodologia descrita por Neergaard (1979). Para cada parcela foram utilizadas 45 sementes sem pergaminho, correspondendo a triplicatas com 15 unidades. No interior de uma câmara de fluxo de ar esterilizada com radiação UV, as amostras foram dispostas circularmente em placas de Petri, sobre duas folhas de papel *Germitest*, previamente umedecidos com água destilada na quantidade de 2,5 vezes a sua massa inicial. As placas de Petri foram acondicionadas em câmara do tipo BOD, à temperatura de 25 °C, por 7 dias, sob fotoperíodo de 12 horas. A avaliação da qualidade sanitária das sementes foi realizada a cada três meses, correspondendo ao tempo 0, 3, 6, 9 e 12 meses de armazenamento.

Após a incubação, foi realizada a contagem das sementes infectadas e a identificação dos gêneros dos fungos, com auxílio de microscópio estereoscópico e microscópio de luz para a visualização de características morfológicas. As chaves dicotômicas disponíveis na literatura foram usadas para o direcionamento da identificação. Os resultados da incidência dos fungos foram apresentados em porcentagem.

2.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o em blocos, em fatorial (8 x 5), com três repetições. Sendo seis tipos de óleos essenciais (*Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus*, *Melaleuca alternifolia*), um fungicida sintético (TECTO[®]) e um controle, em cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses). Cada uma das três BOD utilizadas para a incubação dos fungos foi considerada um bloco.

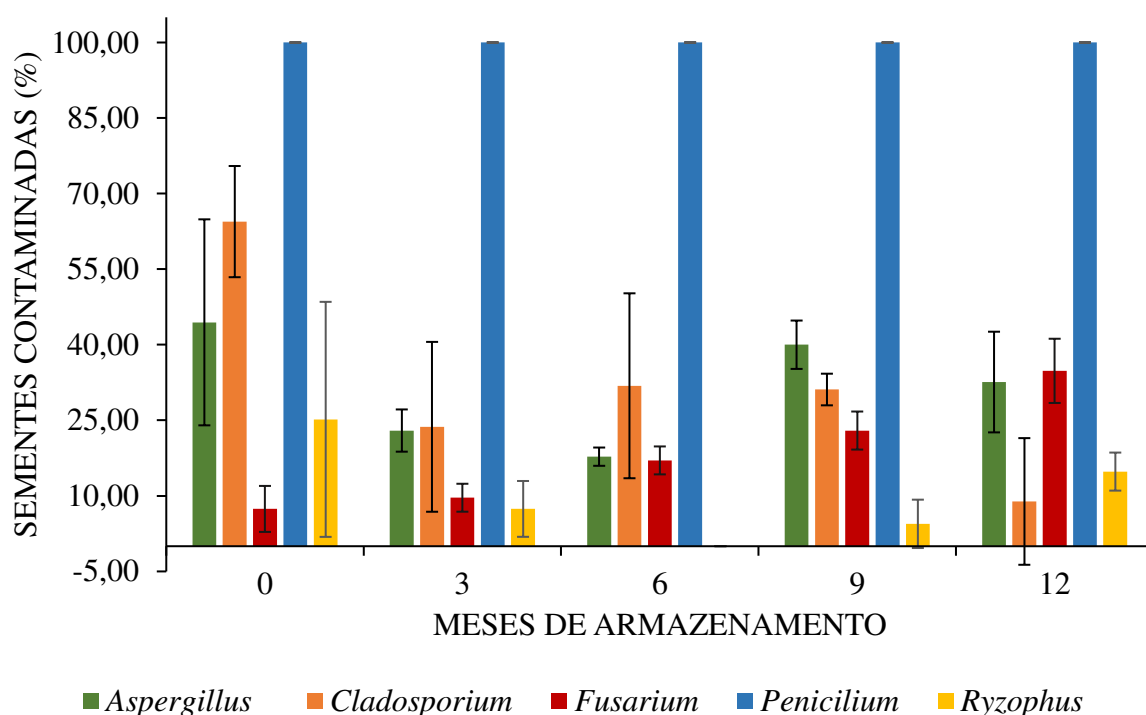
2.5 Análises estatísticas

Os resultados da incidência média de fungos foram apresentados em porcentagem, seguidos de seus respectivos desvios-padrão amostral. Para a elaboração dos gráficos foi utilizado o software Excel.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição dos dados da contagem das sementes contaminadas não atendeu o pressuposto de normalidade, necessário à análise de variância. Assim, os dados foram submetidos à análise de estatística descritiva, a partir da média aritmética e do desvio-padrão amostral. Analisando a qualidade sanitária das sementes do controle, verificou-se a incidência de fungos em todos os tempos de armazenamento (Figura 1).

Figura 1 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas sem tratamento



FONTE: Autora (2024).

Os gêneros de fungos associados às sementes sem tratamento foram identificados: *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Rhizopus*. De modo geral, todos os fungos, exceto o *Penicillium*, apresentaram oscilação na frequência de contaminação, durante o armazenamento de 0 a 12 meses. Os fungos dos gêneros *Aspergillus*; *Cladosporium* e *Rhizopus* apresentaram um comportamento mais instável, entre crescente e decrescente, enquanto os fungos do gênero *Fusarium* apresentaram aumento da incidência. O *Penicillium* foi o único gênero que manteve a infestação de 100% em todas as avaliações. Tal resultado demonstra que o *Penicillium* é um dos gêneros de fungo mais recorrentes em sementes de café arábica e

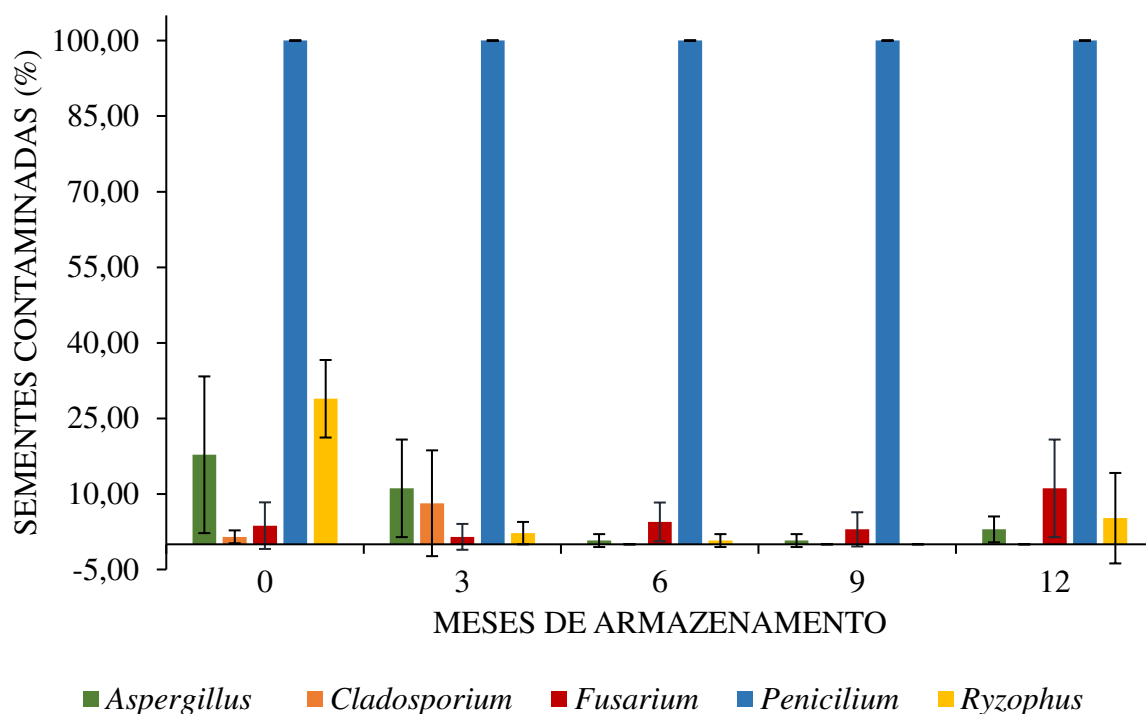
reforça a necessidade de buscar por substâncias que controlem seu desenvolvimento. Penido *et al.* (2021), realizando o teste sanitário em sementes de cinco cultivares de café arábica (Catuaí Vermelho IAC 144, Mundo Novo IAC 376/4, Catiguá MG2, MGS Aranãs e Topázio MG 1190), com aproximadamente 40% de teor de água, encontraram quatro gêneros de fungos (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Phoma*), em todas as sementes e tempos de armazenamento avaliados.

Os fungos de armazenamento dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* estão entre os mais importantes. Eles são de hábitos saprófita e têm capacidade de se desenvolverem em ambientes com baixa atividade de água e temperaturas amenas, causando danos à vários produtos agrícolas (Rocha *et al.*, 2014). Segundo Gadotti; Baudet e Villela (2012), os *Rhizopus* são fungos contaminantes de crescimento rápido, que podem, inclusive, dificultar a detecção de outros patógenos nos testes sanitários. Já os fungos de campo, como os *Cladosporium* e *Fusarium*, são os mais preocupantes, pois causam prejuízos econômicos diretos, tanto na fase de armazenamento como no campo (Dalla; Silva, 2010; Silva *et al.*, 2013).

A composição da flora microbiana associada às sementes durante a armazenamento depende da diversidade inicial, e, principalmente, das condições do ambiente, que vão definir o potencial de sobrevivência e desenvolvimento desses microrganismos ao longo do tempo (Popinigis, 1985). Os fungos, que se nutrem dos tecidos das sementes, podem causar danos graves à qualidade fisiológica, como a morte do embrião, a descoloração do tegumento, facilitar a infecção de outros microrganismos, causar necroses, entre outros (Neergaard, 1979). Portanto, o tratamento com produtos de ação fungicida constitui uma prática importante para conservação das características originais das sementes e para a prevenção da contaminação de áreas agricultáveis livres de patógenos.

Em relação aos fungos associados às sementes tratadas com OE de alecrim (*Rosmarinus officinalis*), observou-se a mesma composição que o controle, porém com menor incidência dos gêneros *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium* e *Rhizopus* (Figura 2). A maior contaminação por *Cladosporium* (8,15%) ocorreu no mês 3, seguido da ausência desse gênero nas avaliações seguintes. Conforme Athayde Sobrinho; Santos e Silva (2020), os fungos de campo tendem a reduzir a infestação durante o armazenamento, seja por não se adaptarem às condições do ambiente de armazenamento ou pela capacidade de quiescência. No entanto, o *Fusarium* apresentou comportamento contrário ao esperado, passando de 3,7% inicialmente para 11% aos 12 meses.

Figura 2 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas após tratamento com óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*)



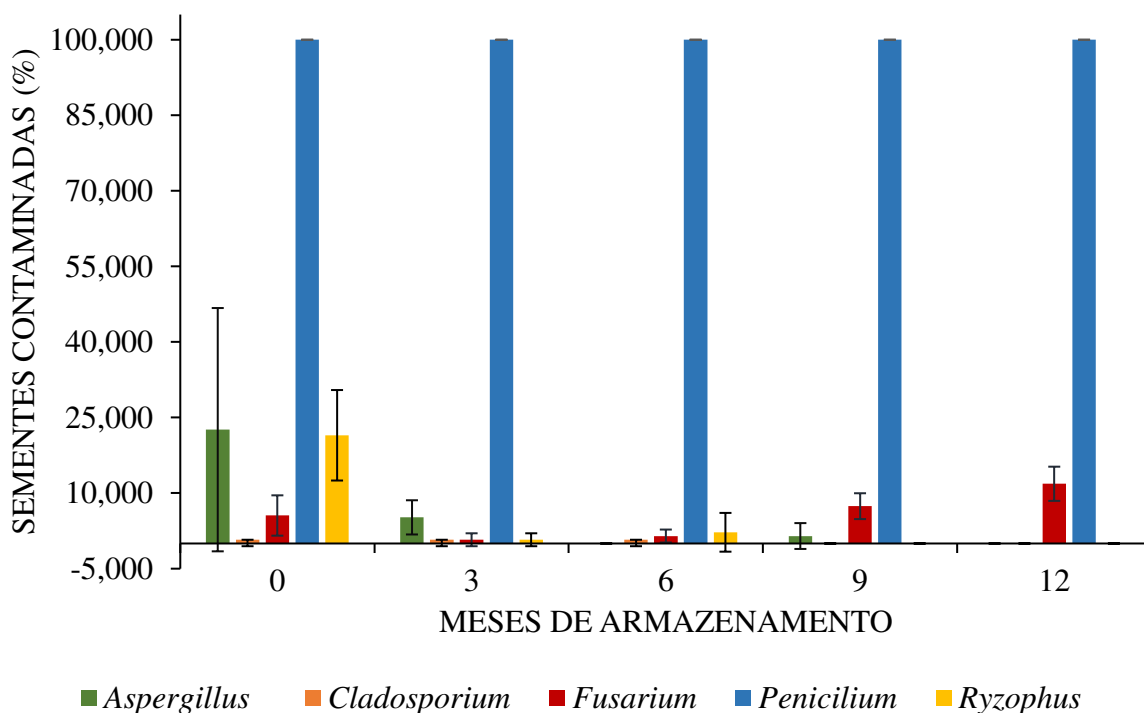
FONTE: Autora (2024).

A eficácia do tratamento de sementes com o OE da espécie medicinal e aromática *R. officinalis* vem sendo testada, com resultados bastante promissores. Ferreira *et al.* (2020) avaliaram a qualidade fisiológica e sanitária em sementes da espécie florestal leucena (*Leucaena leucocephala*), tratadas com OE de *R. officinalis* L. nas concentrações de 6 e 8%, e observaram menor incidências dos fungos do gênero *Aspergillus*, além do bom desempenho fisiológico. Coppo *et al.* (2017) estudaram o efeito dos tratamentos com os extratos de duas plantas e de um fungo medicinal em sementes de soja (*Glycine max*), convencional e transgênica. Como resultados, observaram que o extrato de *R. officinalis* controlou 69,62% da incidência do *Colletotrichum dematium* e 85,71% do *Fusarium*. Baiotto *et al.* (2023) pesquisaram sobre o efeito do OE de *R. officinalis* sobre fitopatógenos em sementes de soja (*Glycine max*), e a dosagem de 4 mL kg⁻¹ se mostrou eficiente no controle de *Penicillium* sp.

Esses resultados positivos sobre o controle de fungos fitopatogênicos podem estar associados aos compostos majoritários do OE de *R. officinalis*, o eucaliptol (37,5%), que também é conhecido como 1,8-cineol. Esse constituinte químico é tóxico às bactérias e fungos, tanto patógenos de solo quanto de pós-colheita, pois promovem a redução no crescimento micelial, e a inibição, produção e germinação de esporos (Batish *et al.*, 2008).

Na Figura 3 é apresentada a composição da flora fúngica associada às sementes tratadas com OE de capim-cidreira (*Cymbopogon citratus*). Assim como no controle, foram detectados fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Rhizopus*. O gênero *Aspergillus* apresentou a maior frequência de contaminação (22,6%) no início do armazenamento, onde também foi encontrado o maior desvio-padrão amostral desta pesquisa (24%). O gênero *Cladosporium* foi o que apresentou menor porcentagem de contaminação, de 0,7% nos primeiros seis meses e 0% nos demais. Aos 12 meses não foram detectados fungos do gênero *Aspergillus*, *Cladosporium* e *Rhizopus*. Mais uma vez, o *Penicillium* manteve a infestação de 100% das sementes amostradas, o que demonstra que esse OE não controla esse gênero de fungo.

Figura 3 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas após tratamento com óleo essencial de capim-cidreira (*Cymbopogon citratus*)



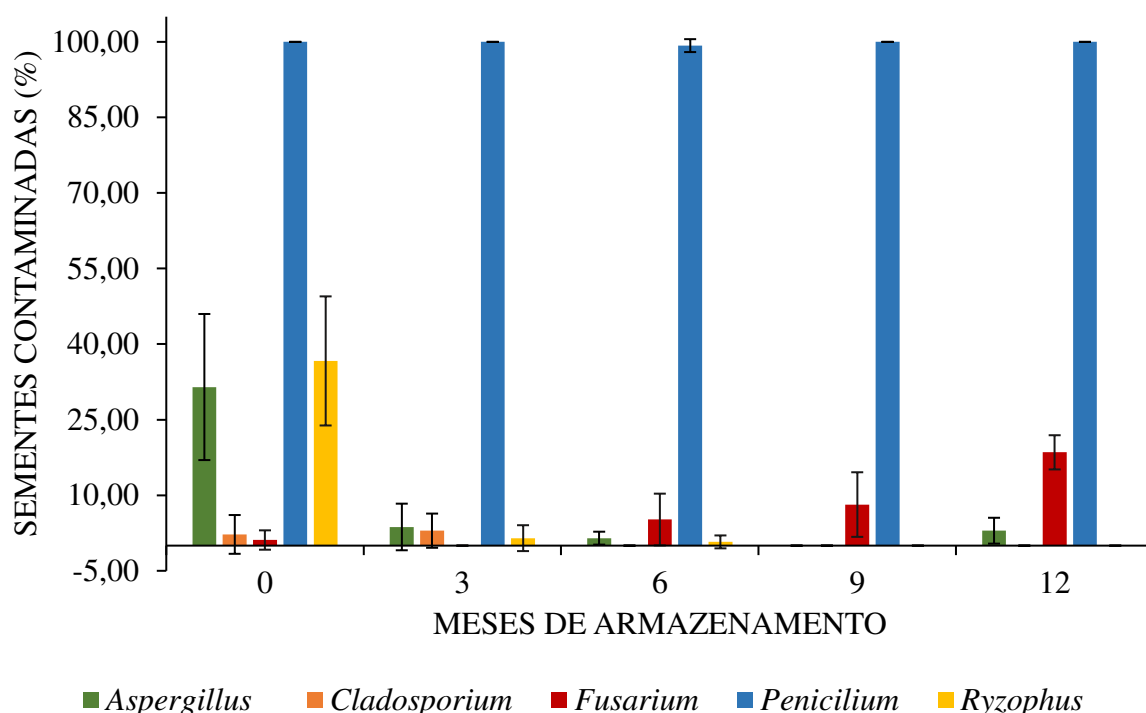
FONTE: Autora (2024).

Nakada-Freitas *et al.* (2022) investigaram o uso do OE capim-cidreira (*C. citratus*) para o controle de *Aspergillus flavus* em sementes de couve-flor (*Brassica oleracea*). Entre as cinco concentrações testadas (0,0; 0,4; 0,8; 1,6 e 2,0%), a de 1,6% apresentou efeito fungistático, além de não afetar a qualidade fisiológica dessas sementes. Martinazzo; Oliveira e Teodoro (2019) também observaram a eficiência desse OE, porém na concentração de 1,0 $\mu\text{L mL}^{-1}$, sobre o *A. flavus* em testes *in vitro*, obtendo até 100% de controle. Tanto o geranial

(46,1%) quanto o neral (33,9%), compostos majoritários no OE de capim-cidreira, segundo Millezi *et al.* (2012), possuem ação antibacteriana e antifúngica, e por isso são usados na formulação de medicamentos para disfunções em humanos e animais.

No que se refere à composição da flora fúngica associada às sementes tratadas com OE de citronela (*Cymbopogon winterianus*), foi novamente detectada a presença de fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Rhizopus* (Figura 4).

Figura 4 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas após tratamento com óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*)



FONTE: Autora (2024).

A frequência da contaminação foi semelhante à das sementes tratadas com OE de capim-cidreira (*C. citratus*). O gênero *Aspergillus* apresentou a maior frequência de contaminação (31,5%) no início do armazenamento, com desvio-padrão amostral de 14,5%. O gênero *Cladosporium* também foi o que apresentou a menor porcentagem de contaminação (2%), sendo detectado apenas na avaliação inicial e aos 3 meses. O *Fusarium* manteve a tendência de aumento da infestação durante o armazenamento, passando de 1% no início para 18% aos 12 meses. Assim como nos demais tratamentos, o *Penicillium* foi o gênero que contaminou todas as sementes em todos os tempos avaliados.

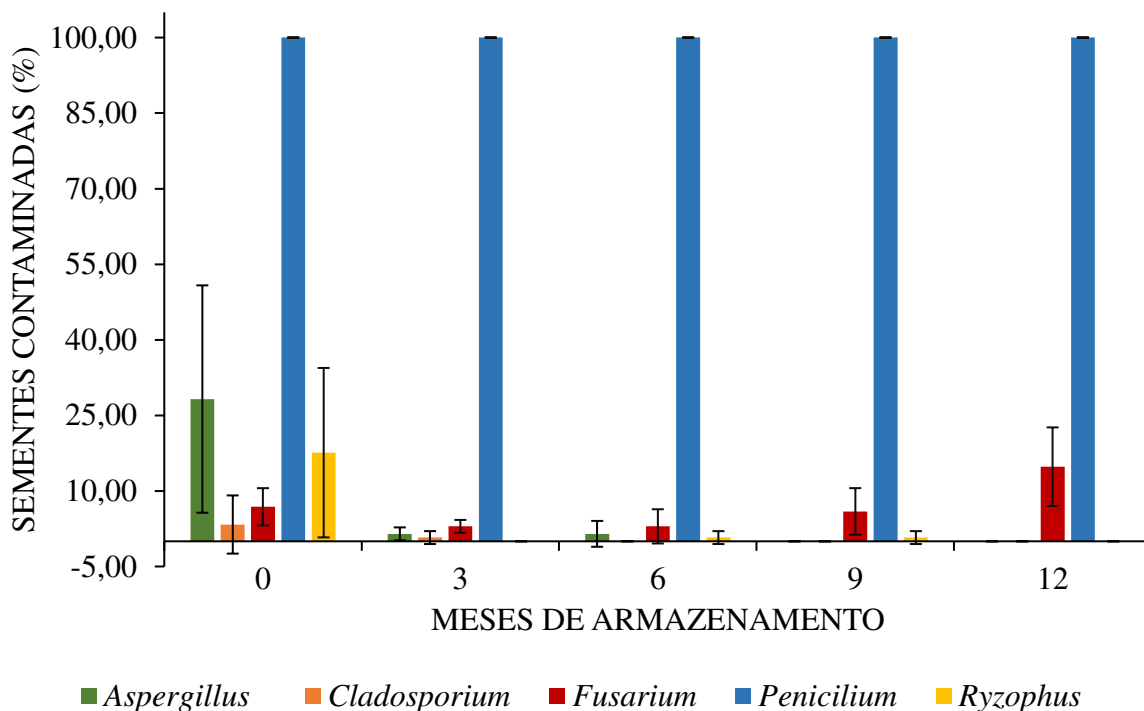
Lozada *et al.* (2019) pesquisaram a influência de cinco OE sobre o agente etiológico da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides f. sp.joelho*), disseminado em sementes de cebola

(*Allium cepa*). O OE de citronela (*Cymbopogon winterianus*) promoveu a inibição de 81,01% da germinação de esporos do referido fungo nas concentrações de 1.000 e 2.000 ppm. Araujo *et al.* (2012) encontraram eficácia semelhante no uso desse OE em sementes de erva-doce (*Foeniculum vulgare*), em que todas concentrações testadas (1,0; 1,5; 2,0; e 2,5%) controlaram o crescimento de *Cladosporium*. O OE de citronela (*Cymbopogon winterianus*) também apresentou efeito positivo no controle alternativo de fitopatógenos dos gêneros *Cladosporium* em sementes de mandacaru (*Cereus jamacaru*), em estudos realizados por Mata *et al.* (2009).

Seixas *et al.* (2011), pesquisando o potencial fungitóxico do OE de outra espécie de citronela (*Cymbopogon nardus* L.) e do citronelal, constituinte químico majoritário do óleo (aproximadamente 45%), concluíram que o efeito inibidor sobre o fungo testado (*Fusarium subglutinans*) é resultado da sinergia entre todos os constituintes do OE. Segundo esses autores, os constituintes dos OE atuam de forma conjunta, podendo atuar de forma mais ou menos eficaz sobre determinado patógeno. Essa constatação explica os diferentes resultados entre estudos realizados com a mesma planta medicinal e concentrações, visto que a composição dos OE pode variar (Casali *et al.*, 2005).

Analisando o tratamento de sementes com o OE de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), apresentado na Figura 5, a diversidade de fungos se manteve igual aos demais tratamentos, sendo detectados os gêneros *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*. O *Aspergillus* apresentou maior porcentagem de infestação no mês 0 (28%), decaindo para 1,5% nos meses 3 e 6, não mais sendo detectado nas demais avaliações. O *Cladosporium* foi o gênero com a menor infestação, 3% no início e apenas 0,7% aos 3 meses do armazenamento, também não sendo mais encontrado nas avaliações posteriores. Assim, como no controle e nos OE, o *Fusarium* manteve a tendência de aumento, passando de 7% inicial a 15% para o final do armazenamento; o *Penicillium* continuou apresentando contaminação em todas as sementes e tempos. Quanto ao *Rhizopus*, foi observado em 18% das sementes na avaliação inicial, porém a incidência nas demais avaliações foi abaixo de 0,8%.

Figura 5 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas após tratamento com óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*)



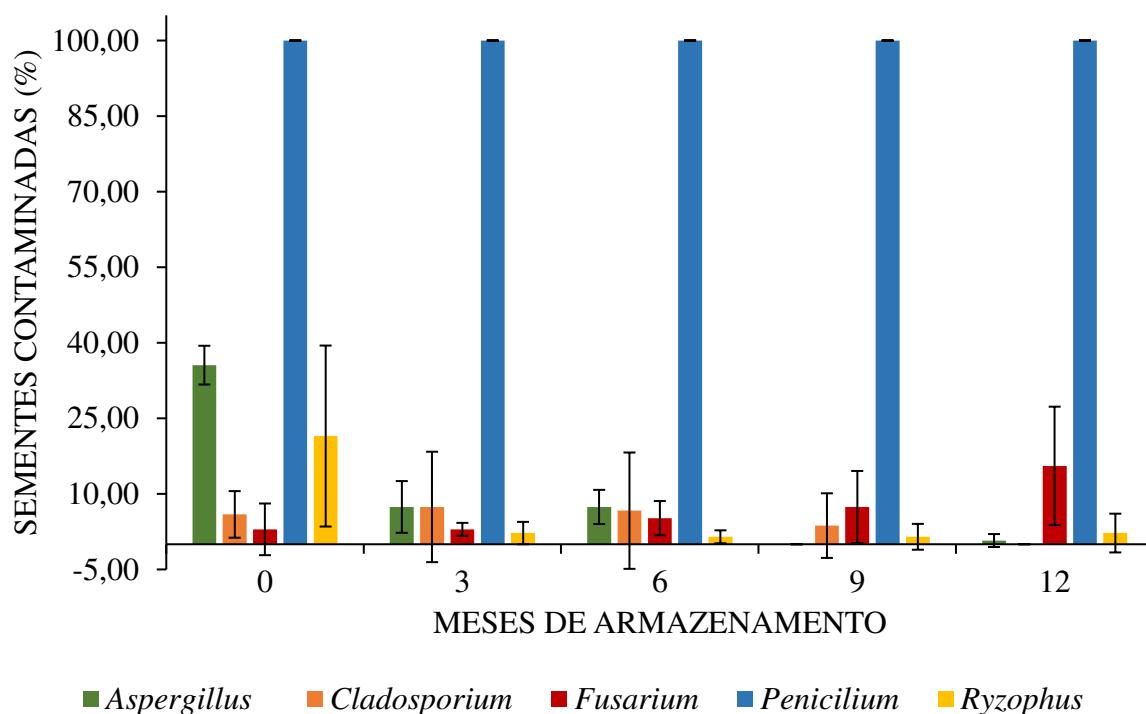
FONTE: Autora (2024).

Comparando os resultados obtidos com os disponíveis na literatura, observa-se que o OE da espécie *S. aromaticum* possui propriedades antifúngicas e antibacterianas cientificamente comprovadas (Pereira *et al.*, 2008). Grande parte dessas propriedades é devido à alta concentração de eugenol na composição (88,5%) indicados pela cromatografia do OE usado, e 83,6% encontrados por Costa *et al.* (2011). Segundo esses autores, o OE de *S. aromaticum* promoveu alterações morfológicas e fisiológicas nas hifas de fungos dos gêneros *Fusarium*, *Macrophomina* e *Rhizoctonia*. A partir de análises microscópicas dos micélios dos fungos, foram evidenciadas alterações como a desorganização dos conteúdos celulares, intensa fragmentação das hifas, diminuição na nitidez da parede celular, menor turgência das células, entre outras. A identificação e compreensão dos mecanismos de ação dos OE sobre os patógenos é uma ferramenta importante para aumentar a confiabilidade no uso desse recurso natural (Nascimento *et al.*, 2021)

Em relação às sementes tratadas com OE de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), foram detectados os mesmos gêneros de fungos dos demais tratamentos: *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Rhizopus* (Figura 6). O *Aspergillus* apresentou a segunda maior frequência no tempo 0 mês, comparado aos demais OE avaliados, com 35,5% de contaminação,

embora tenha sido reduzido consideravelmente nas avaliações seguintes (7,5; 7,5; 0; e 0,7%, respectivamente). O *Cladosporium* foi o gênero com menor incidência, variando entre 3,7 e 7,4%, não sendo detectado apenas aos 12 meses. O *Fusarium* manteve o mesmo comportamento, aumentando de 2,96% no mês 0 até 15,5% no mês 12; assim como *Penicillium*, que foi detectado em todos os tempos. Na avaliação inicial, o *Rhizopus* contaminou a mesma quantidade de sementes que no tratamento com capim-cidreira (*C. citratus*) (21,5%); porém essa contaminação persistiu nas demais avaliações, mesmo em porcentagens menores.

Figura 6 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas após tratamento com óleo essencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*)



FONTE: Autora (2024).

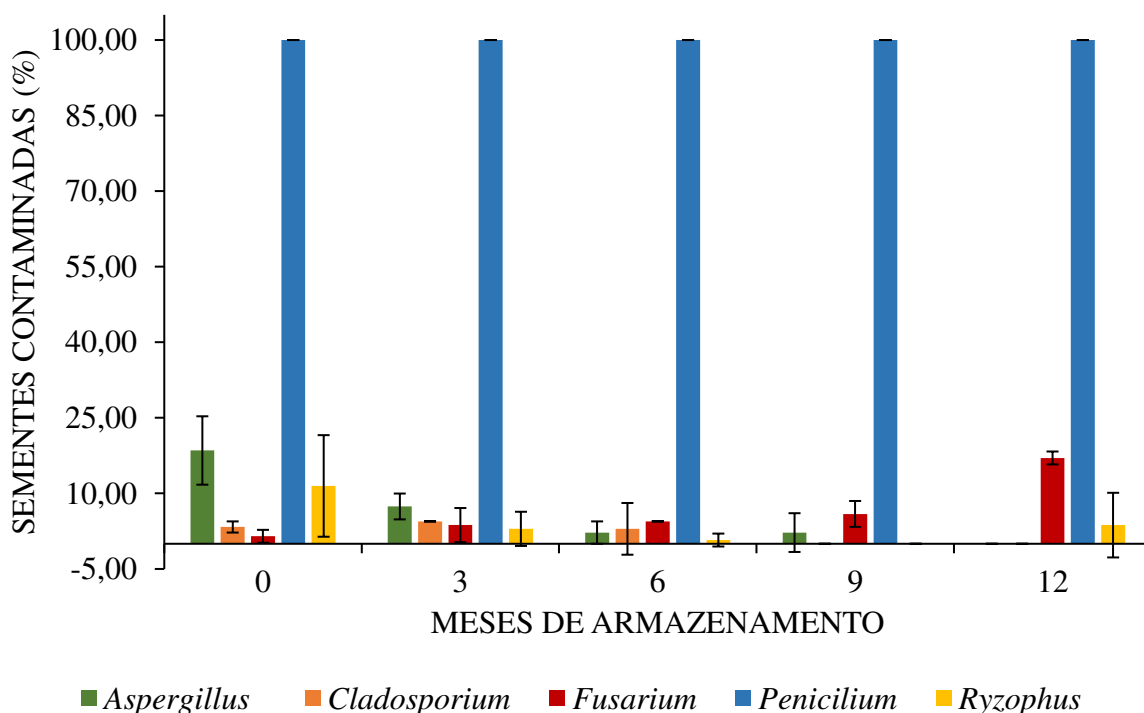
Os resultados obtidos corroboram com outros autores em relação à inibição do fungo *Penicillium* pelo OE de *E. globulus*. Pereira *et al.* (2015) avaliaram a influência de diferentes OE sobre as sementes de aroeira (*Schinus molle* L.), e o OE de *E. globulus* não se mostrou eficiente no controle de onze espécies de patógenos (*Rhizoctonia sp.*, *Pestalotiopsis sp.*, *Alternaria sp.*, *Cladosporium sp.*, *Pythium sp.*, *Rhizopus sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Dreschlera sp.*, *Epicocum sp.* e *Fusarium spp.*), quando aplicado nas concentrações de 10, 20 e 30%. Gomes *et al.* (2017) também não observaram controle de *Aspergillus sp.* em sementes

de diferentes cultivares de mamona (*Ricinus communis*), com OE de *E. globulus* aplicado nas dosagens de 2,5; 5,0; e 7,5 $\mu\text{L mL}^{-1}$.

Entretanto, Piati; Schneide e Nozaki (2011) concluíram que o OE de *E. globulus* possui atividade antifúngica sobre *Penicillium* sp. cultivado *in vitro*, considerando a fase vegetativa e a fase reprodutiva. Bonaldo *et al.* (2007) constataram 100% de inibição da germinação dos conídios de *Colletotrichum sublineolum* e inibição do crescimento micelial de *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Phytophthora* sp., *Alternaria alternata* e *Colletotrichum sublineolum*, pelo OE de *E. globulus* (doses $> 40\mu\text{L}$) em testes *in vitro*. A diferença de resultados entre os autores mencionados anteriormente sugere que a eficácia do OE no controle de determinado microrganismo não depende apenas do OE (dosagem e composição química), mas também do potencial de desenvolvimento do fungo no ambiente em que é feita a testagem (Nascimento *et al.*, 2023).

Quanto às sementes tratadas com o OE de melaleuca (*Melaleuca alternifolia*), foram identificados fungos de cinco gêneros: *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Rhizopus* (Figura 7).

Figura 7 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas após tratamento com óleo essencial melaleuca (*Melaleuca alternifolia*)



FONTE: Autora (2024).

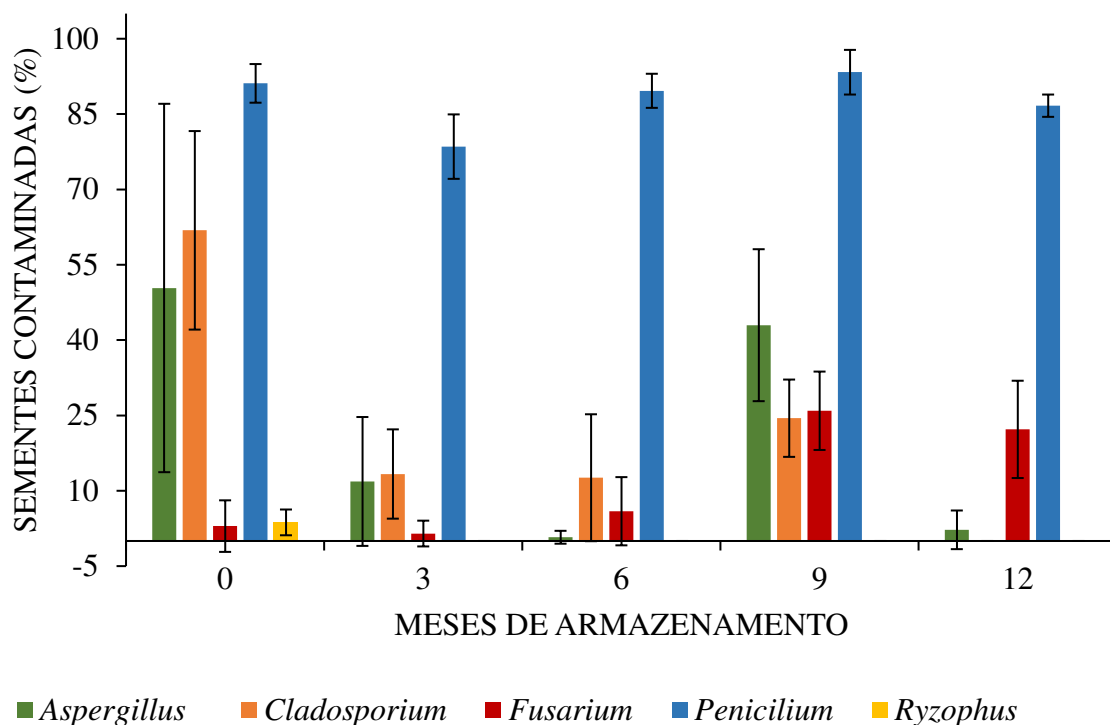
A maior contaminação por *Aspergillus* ocorreu na avaliação do mês 0 (18,5%), reduzindo gradativamente até 0% no mês 12. O *Cladosporium* teve maior incidência aos 3 meses (4%) e não foi detectado nas avaliações dos meses 9 e 12. O *Fusarium* teve incidência inicial de 1,5% e final de 17%. De forma similar aos demais tratamentos, todas as sementes estavam contaminadas por *Penicillium*. Quanto ao *Rhizopus*, esse tratamento foi o que apresentou maior eficiência de controle entre os tratamentos, estando presente em apenas 11% das sementes amostradas na avaliação inicial. Segundo Oliveira *et al.* (2011), o principal constituinte do OE de *M. alternifolia* é o terpinen-4-ol (TTO – *tea-tree oil*), que tem grande importância medicinal devido à ação bactericida e antifúngica contra diversos patógenos humanos. O OE adquirido para esta pesquisa continha 42,4% de TTO. Apesar da maioria dos estudos disponíveis na literatura serem relacionados ao controle de doenças em humanos, a aplicação das propriedades antimicrobianas dessa planta medicinal vem sendo explorada para a aplicação na agricultura.

Gobatto *et al.* (2005) demonstraram a eficácia do OE de melaleuca (*M. alternifolia*) no controle *in vitro* de *Fusarium moniliforme* e *Fusarium subglutinans*, patógenos associados à cultura do abacaxizeiro (*Ananas comosus*). Morais *et al.* (2008) verificaram a eficiência desse OE no controle de *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* e *Cladosporium sp.* em sementes de feijão carioquinha (*Phaseolus vulgaris*), em que a incidência foi de apenas 9,2, 11,0 e 8,5%, respectivamente, para os fungos avaliados. Mais recentemente, a pesquisa realizada por Araújo (2019) mostrou que o OE de *M. alternifolia* inibiu o desenvolvimento micelial *in vivo* do fungo *Lasiodiplodia theobromae*, agente etiológico da podridão negra em sementes de milho (*Zea mays*), com eficácia superior ao fungicida padrão do mercado usado no controle dessa doença.

Avaliando o desempenho do fungicida químico TECTO[®], as sementes que receberam esse tratamento foram contaminadas pelos mesmos cinco gêneros de fungos identificados no controle e nas que foram tratadas com OE (Figura 8). O maior valor da contaminação por *Aspergillus* ocorreu no mês 0 (50%), superando o controle (44%), e aos 9 meses (42%), com valor similar ao controle (40%). Apesar de o *Cladosporium* não ter sido detectado aos 12 meses, a infestação por esse fungo apresentou maiores índices nos demais tempos avaliados, como 61% no tempo 0 mês. O *Fusarium* foi encontrado em todos os tempos avaliados, apresentando aumento gradativo com o tempo, com infestação máxima de 25% nos meses 9, valor superior aos demais tratamentos com OE. O TECTO[®] foi o único tratamento que apresentou certo nível de controle sobre *Penicillium*, com infestação variando de 78 a 93%. A

incidência de *Rhizopus* também foi a menor entre os demais tratamentos, com infestação inicial de 4% e ausência nos tempos seguintes.

Figura 8 - Incidência de fungos em sementes de café arábica armazenadas após tratamento com o fungicida químico TECTO®



FONTE: Autora (2024).

De acordo com o observado, mesmo não sendo recomendado para cultura, esse fungicida mostrou potencial de redução de alguns fungos de armazenamento e de campo. No entanto, ao considerar os riscos que os defensivos agrícolas oferecem ao meio ambiente e aos seres humanos (Penido *et al.*, 2021), não há segurança quanto ao seu uso para esse fim. Ademais, esta pesquisa mostrou que os OE não causam danos à qualidade fisiológica das sementes de café arábica, além de não serem tóxicos e terem apresentado controle satisfatório da maioria dos fungos identificados no lote. Ainda nesse contexto, aprimorar a constituição fitoquímica e a elucidação dos mecanismos de ação dos óleos sobre microorganismos são cruciais para o desenvolvimento de formulações comerciais e aceitabilidade dos produtos no mercado (Geromini *et al.*, 2012; Carvalho *et al.*, 2014; Almeida, 2015).

Ao analisar os resultados encontrados e compará-los com as informações disponíveis na literatura, nota-se que foram obtidos dados inéditos, revelando o potencial dos OE extraído de seis espécies medicinais e aromáticas, que até então não tinham sido testadas em sementes de café arábica na fase de armazenamento. As plantas medicinais e aromáticas *Rosmarinus*

officinalis, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* e *Melaleuca alternifolia* demonstraram ser eficientes para o controle alternativo de fungos de armazenamento e de campo em sementes de café arábica armazenadas. O gênero *Penicillium* foi o único não controlado pelos OE estudados, gerando demanda de pesquisas com outras dosagens, técnicas de aplicação, teor de água das sementes, temperatura de armazenamento, e até mesmo avaliação de possíveis *blends* com diferentes tipos de OE.

4 CONCLUSÕES

Os óleo essenciais extraídos das plantas medicinais e aromáticas *Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* e *Melaleuca alternifolia* são eficientes para o controle alternativo dos fungos de armazenamento *Aspergillus* e *Rhizopus* e dos fungos de campo *Cladosporium* e *Fusarium* em sementes de café arábica por doze meses.

Os óleo essenciais extraídos das plantas medicinais e aromáticas *Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* e *Melaleuca alternifolia* não controlam os fungos de armazenamento do gênero *Penicillium* em sementes de café arábica nas condições avaliadas.

REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em:

<http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 16/12/2023

ALMEIDA, R. R. **Mecanismos de ação dos monoterpenos aromáticos: timol e carvacrol**. Monografia, Universidade Federal de São João Del-Rei. São João Del-Rei, 2015. 26 p.

ALVES, F. M. F. **Potencial fungitóxico do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* no controle de alternariose em sementes de feijão-caupi**. Dissertação. Universidade Federal de Campina Grande. 2019. 40 p.

ARAUJO NETO, A. C. A.; P. C.; SOUZA, W. C.; MEDEIROS, J. G.; SANTOS, S. R. Atividade antifúngica do óleo essencial de citronela em sementes de erva-doce (*Foeniculum vulgare mil*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 34, 2012.

ARAÚJO, I. G. D. **Efeito do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* no controle de *Lasiodiplodia theobromae* em sementes de milho.** Dissertação. Universidade Federal de Campina Grande, 2019. 47 p.

ATHAYDE SOBRINHO, C.; SANTOS, A. R. B.; SILVA, P. H. S. **Fungos em sementes de feijão-caupi: detecção, qualidade sanitária e controle alternativo.** Embrapa, Brasília, 2020. 53 p.

BAIOTTO, C. S.; BAIOTTO, L. M. C.; BEBER, S. C.; KLEIBERT, K. R.U.; FELL, A. P. W.; BABESKI, C. M.; BANDEIRA, W. J. A.; BASSO, N. C. F.; SILVA, J. A. G.; COLET, C. F. Antifungal effect of essential oils on control of phytopathogens in stored soybean seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 4, p. 272-278, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n4p272-278>.

BATISH, D. R.; SINGH, H. P.; SETIA, N.; KAUR, S.; KOHLI, R. K. Chemical composition and phytotoxicity of volatile essential oil from intact and fallen leaves of *Eucalyptus citriodora*. **Zeitschrift für Naturforschung**, v. 61, n. 7-8, p. 465-471, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1515/znc-2006-7-801>

BONALDO, S. M.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R; CRUZ, M. E. S.; FIORI-TUTIDA, A. C. G. Contribuição ao estudo das atividades antifúngica e elicitora de fitoalexinas em sorgo e soja por eucalipto (*Eucalyptus citriodora*). **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 4, p. 383-387, 2007.

BRACCINI, A. D. L. E.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, M. D. C. L.; ANDRADE, C. A. D. B.; VIDIGAL FILHO, P. S. Incidência de microorganismos em sementes de café robusta durante o armazenamento. **Bragantia**, v. 58, n. 2, p. 305-315, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051999000200010>

BRASIL. **Instrução Normativa**. Nº 35, de 29 de novembro de 2012. Aprova o regulamento técnico para produção e comercialização de material de propagação de cafeeiro (*Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). Brasília, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, MAPA/ACS, 2009. 399 p.

BRITO, R. **Uso de zeína, óleos essenciais e vegetal no revestimento de sementes de feijão-vagem no armazenamento.** Tese, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017. 148 p.

CASALI, V. W. D.; OLIVEIRA, J. E. Z.; DORES, R. G. R.; CASTRO, D. M.; MARTINS, E. R. **Prospecção de plantas medicinais.** Viçosa: Editora UFV, 2015. 133 p.

COPPO, J. C.; STANGARLIN, J. R.; MIORANZA, T. M.; COLTRO-RONCATO, S.; KUHN, O. J.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Sanidade e germinação de sementes de soja tratadas com extratos de plantas e de fungo. **Revista De Ciências Agro-Ambientais**, v. 15, n. 2, p. 92-99, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5327/rcaa.v15i2.1472>

COSTA, A. R. T.; AMARAL, M. F. Z. J.; MARTINS, P. M.; PAULA, J. A. M.; FIUZA, T. S.; TRESVENZOL, L. M. F.; PAULA, J. R.; BARA, M. T. F. Ação do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. And L.M.Perry sobre as hifas de alguns fungos fitopatogênicos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 2, p. 240 - 245, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000200018>

DALLA, P. M.; SILVA, O. C. Anthracnose. In: DALLA, P. M.; SILVA, O. C. **Bean culture: diseases and control**, 2ª edição. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2010. p. 49-56.

DALMOLIN, S. F.; PERSEL, C.; CRUZ-SILVA, C. T. A. Alelopatia de capim-limão e sálvia sobre a germinação de picão preto. **Revista cultivando o saber**, v. 5, n. 3, p.176-189, 2012.

DARONCO, M. V.; SCHNEIDER, A.; VIAU, L. V.M.; COLET, C. F. Avaliação da eficácia de óleos essenciais no tratamento de sementes de soja. **Ciência Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 47-58, 2015. DOI: <https://doi.org/10.28998/rca.v13i1.1870>

DORMAN, H. J. D.; DEANS, S. G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**, v. 88, n. 2, p. 308-316, 2000. DOI: 10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x

FARIAS, O. R.; CRUZ, J. M. F. L.; ROMMEL, S. S.; SILVA, H. A. O.; NASCIMENTO, L. C. Atividade antifúngica do óleo de alecrim sobre sementes de *Phaseolus lunatus*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 1, p. 23-30, 2020. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.18742>

FARIAS, O. R.; LIMA, J. M. F.; DUARTE, I. G.; VELOSO, J. S.; NASCIMENTO, L. C. Controle de fungos com óleo de eucalipto e transmissão de *Fusarium* sp. em sementes de

Mimosa caesalpiniiifolia. **Brazilian Journal of Forestry Research**, v. 43, p. 1-9, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4336/2023.pfb.43e202002144>

FERREIRA, A. S.; DEMARTELAERE, A. C. F.; PRESTON, H. A. F.; FEITOSA, S. S.; SILVA, T. B. M.; MEDEIROS, J. G. F.; BEZERRA, J. D. A. M. Qualidade fisiológica e sanitária em sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. tratadas com óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* L. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 78916-78928, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-357>

GADOTTI, G. I; BAUDET, L.; VILLELA, F. A. Several regulations in gravity table in quality of tobacco seeds. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 2, p. 361-368, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000200016>

GALLI, J. A.; PANIZI, R. D. C.; VIEIRA, R. D. Sobrevivência de patógenos associados a sementes de soja armazenadas durante seis meses. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 205-213, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000200027>

GEROMINI, K. V. N.; RORATTO, F. B.; FERREIRA, F. G.; POLIDO, P. P.; SOUZA, S. G. H. D.; VALLE, J. S. D.; LINDE, G. A. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais de plantas medicinais. **Ciências Veterinárias e Zoologia**, v. 15, n. 2, p. 127-131. 2012.

GOBATTO, D.; MARRAFON, B. D.; SOUZA, A. D.; CAMILO S. B. Efeito de dois óleos de melaleuca (*Melaleuca alternifolia*) sobre o crescimento micelial de *Fusarium moniliforme* e *Fusarium subglutinans*. In: 3º Congresso de Iniciação Científica em Ciências Agrárias, Biológicas e Ambientais. [Anais], 2005, p. 72.

GOMES, R. S. S.; ARAÚJO, A. E.; NASCIMENTO, L. C.; OLIVEIRA, A. K. A.; FEITOZA, E. D. A. Óleo essencial de eucalipto na qualidade de sementes de mamoneira. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 12, n. 4, p. 248-254, 2017.

GOULART, A. C. P. **Fungos em Sementes de Soja: Detecção, Importância e Controle**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília, 2ª edição, 2018. 71 p.

LOZADA, M. I. O.; SILVA, P. P.; PEREIRA, R. B. E NASCIMENTO, W. M. Essential oils in the control of *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *cepae* in onion seeds. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 50, n. 3, p. 510-518, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190060>

MACHADO, J. C. **Tratamento de sementes no controle de doenças**. Lavras: LAPS/UFLA/FAEPE, 2000. 138 p.

MARTINAZZO, A. P.; OLIVEIRA, F. S.; TEODORO, C. E. S. Antifungal activity of *Cymbopogon citratus* essential oil against *Aspergillus flavus*. **Ciência e Natura**, v. 41, p. 01-08, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X36055>

MARTINS, J. A. S.; SAGATA, É.; SANTOS, V. A.; JULIATTI, F. C. Avaliação do efeito do óleo de *Melaleuca alternifolia* sobre o crescimento micelial *in vitro* de fungos fitopatogênicos. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1. p. 49-51, 2011.

MATA, M. F.; ARAÚJO, E.; NASCIMENTO, L. C.; SOUZA, A. E. F.; VIANA, S. Incidência e controle alternativo de patógenos em sementes de mandacaru (*Cereus jamacaru* DC, *Cactaceae*). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p.327-334, 2009.

MILLEZI, A. F.; CAIXETA, D. S.; ROSSONI, D. F.; CARDOSO, M. G.; PICCOLI, R.H. *In vitro* antimicrobial properties of plant essential oils *Thymus vulgaris*, *Cymbopogon citratus* and *Laurus nobilis* against five important foodborne pathogens. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 1, p. 167-172, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000021>

MORAIS, L. A. S.; RAMOS, N. P.; GONÇALVES, G. G.; BETTIOL, W.; CHAVES, F. C. M. Atividade antifúngica de óleos essenciais em sementes de feijão cv. carioquinha. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. S6261-S6266, 2008.

NAKADA-FREITAS, P. G.; SANTOS, C. A.; MAGALHÃES, T. H.; BUSTAMONTE, S. S.; SANTOS, D. C.; CARDOSO, A. I. I.; AMADOR, T. S.; LANNA, N. DE B.; BARDIVIESSO, E. M; CATÃO, H. C. R. Efeito dos óleos essenciais de tomilho, capim-limão e alecrim sobre *Aspergillus flavus* em sementes de couve-flor. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 1, p. 71-75, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20220109>

NASCIMENTO, D. M. D. **Efeito do tratamento de sementes de pimentão com óleos essenciais sobre o controle de *Colletotrichum gloeosporioides* e o potencial fisiológico das sementes**. Dissertação, Faculdade de Ciências Agrônômicas -Unesp, 2017. 66 p.

- NASCIMENTO, D. M.; RIBEIRO-JUNIOR, M. R.; SANTOS, P. L.; PEREIRA, A. E.; KRONKA, A. Z. Óleos essenciais no tratamento de sementes. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 27, n. 1, p. 77-90, 2021. DOI: 10.31976/0104-038321v270004
- NEERGAARD, P. **Seed pathology**. Londres, Mac Millan Press, 1979. 1191 p.
- OLIVEIRA, A. C. M.; FONTANA, A.; NEGRINI, T. C.; NOGUEIRA, M. N. M.; BEDRAN, T. B. L.; ANDRADE, C. R.; SPOLIDORIO, L. C.; SPOLIDORIO, D. M. P. Emprego do óleo de *Melaleuca alternifolia* Cheel (*Myrtaceae*) na odontologia: perspectivas quanto à utilização como antimicrobiano alternativo às doenças infecciosas de origem bucal. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 4, p. 492-499, 2011.
- OYEDEJI O. O.; LAWAI O. A.; SHADE F. O.; OYEDEJI A. O. Chemical composition of antibacterial activity of the essential oils of *Callistemon viminalis* from South Africa. **Molecules**, v. 14, n. 6, p. 1990-1998, 2009. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules14061990>
- PARISI, J. J. D.; MEDINA, P. F. **Tratamento de sementes**. Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas. 2013. 7 p.
- PENIDO, A. C.; RODRIGUES, V. O.; CARVALHO, M. V.; KREPISCHI, L. S.; PEREIRA, C. C.; OLIVEIRA, J. A. Efeito do tratamento químico na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de café armazenadas. **Journal of Seed Science**, v. 43, p. e202143009, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v43237239>
- PEREIRA, A. D. A.; CARDOSO, M. D. G.; ABREU, L. R. D.; MORAIS, A. R. D.; GUIMARÃES, L. G. D. L.; SALGADO, A. P. S. P. Caracterização química e efeito inibitório de óleos essenciais sobre o crescimento de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 887-93, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000300028>
- PEREIRA, K. C.; REDA, F. R.; PIVETA, G.; GARCIA, F. A. O. Avaliação de óleos essenciais na qualidade sanitária e fisiológica em sementes e mudas de *Schinus molle*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 85, p. 71-78, 2015. DOI: 10.4336/2016.pfb.36.85.905
- PEREIRA, R. B. **Potencial de óleos essenciais no manejo da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro**. Tese. Universidade Federal de Lavras, 2008. 107 p.

PIATI, A.; SCHNEIDER, C. F.; NOZAKI, M. H. Efeito *in vitro* do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* sobre o crescimento e desenvolvimento de *Penicillium* sp. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 1033-1040, 2011.

PIERRE, R. O. **Óleo essencial e extrato de cravo-da-índia no controle de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente da mancha manteigosa, em sementes e mudas de café.** Dissertação, Universidade Federal de Lavras, 2009. 74 p.

PINCIROLI, M.; GRIBALDO, A.; VIDAL, A.; BEZUS, R.; SISTERNA, M. Evolução da microbiota durante o armazenamento de arroz em casca, integral e branqueado em diferentes genótipos. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 3, p.157-161, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052013000300002>

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

PRAKASH, B.; SINGH, P.; KEDIA, A.; SINGH, A.; DUBEY, N. K. Efficacy of essential oil combination of *Curcuma longa* L. and *Zingiber officinale*. As apostharvest fungitoxicant, aflatoxin inhibitor and antioxidant agent. **Journal of Food Safety**, v. 32, n. 3, p. 279-288, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2012.00378.x>

RIBEIRO, M. D. F.; SOUZA, G. A.; ARAÚJO, E. F.; PIRES, R. M. D. O.; MARTINEZ, P. A. H.; PINTO, C. L. O.; DONZELES, S. M. L. Alternative methods of biological control in maintaining the viability of stored coffee seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 10, p. 818-824, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10491>

RICCIONI, L.; ORZALI, L.; ROMANI, M.; ANNICCHIARICO, P.; PECETTI, L. Organic seed treatments with essential oils to control *Ascochyta blight* in pea. **European Journal of Plant Pathology**, v. 155, n. 3, p. 831-840, 2019.

ROCHA, F. S.; CATÃO, H. C. R. M.; BRANDÃO, A. A.; GOMES, L. A. A. Danos causados por diferentes potenciais de inóculo de *Aspergillus ochraceus* no vigor de sementes de soja. **Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 2895-2904, 2014. DOI: <http://www.redalyc.org/pdf/4457/445744145003.pdf>

ROCHA, M. P.; TAVEIRA, J. H. S.; PRADO, S. M. A.; ATAÍDE, M. V. Sistema de armazenamento e incidência dos principais fungos produtores de micotoxinas em grãos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 50176-50193, 2020.

SANTOS, A. M.; MENDES, L. **Tratamento de sementes de feijão com óleos essenciais: efeitos na germinação e sanidade.** Monografia. Universidade Federal da Grande Dourados. 2021. 45 p.

SEIXAS, P. T. L.; CASTRO, H. C.; SANTOS, G. R.; CARDOSO, D. P. Controle fitopatológico do *Fusarium subglutinans* pelo óleo essencial do capim-citronela (*Cymbopogon nardus* L.) e do composto citronelal. **Revista Brasileira De Plantas Mediciniais**, v. 13 (especial), p. 523-526. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000500003>

SENEME, A. M.; SILVA, F. C.; RUARO, L.; FERRIANI, A. P.; MORAES, C. P. Controle de patógenos em sementes de sorgo com óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. **Nucleus**, v. 16, n. 2, p. 433-440, 2019. DOI: <https://10.3738/1982.2278.3663>

SILVA C. J.; BARBOSA, L. C. A.; DEMUNER, A. J; MONTANARI, R. M.; PINHEIRO, A. L. P.; DIAS, I.; ANDRADE, N. J. Chemical composition and antibacterial activities from the essential oils of *Myrtaceae* species planted in Brazil. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 104-108, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000100019>

SILVA, C. M. **Extratos naturais na qualidade sanitária e fisiológica de Sementes de feijão-caupi.** Tese, Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2021. 83 p.

SILVA, J. F.; MELO, B. A.; PESSOA, E. B.; FIGUEIREDO NETO, A.; LEITE, D. T. Plant extracts for the control the bean weevil *Zabrotes subfaciatus* (Boheman 1833) (*Coleoptera: Bruchidae*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 3, p.01-05, 2013.

SOARES, C. E. S.; MARTINS, C. S.; MARIA, G. S.; SCUSSEL, V. M. Fungos de armazenagem e micotoxinas em dieta para ovinos (*Ovis aries* L.): estudo de caso. **Pubvet**, v.11, n. 12, p.1188-1297, 2017.

SOUZA JUNIOR, F. G. C.; SILVA, T. S.; LIMA, I. B.; FERNANDES, A. M.; F. N.T.; PESSOA, M. N. G. Efeito do extrato de *Syzygium aromaticum* na qualidade sanitária e fisiológica de sementes de mamona. [Anais]. V Congresso Brasileiro de Mamona / II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso. 2012, p. 207. TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª edição. São Paulo: Editora Artmed, 2013. 918 p. Viçosa, 2021. 83 p.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A partir dos resultados e observações do presente estudo infere-se que o óleo essencial das plantas medicinais e aromáticas *Rosmarinus officinalis*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon winterianus*, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus globulus* e *Melaleuca alternifolia* conservam a germinação e vigor de sementes de café arábica, por nove meses, quando aplicados diretamente sobre os pergaminhos na concentração de 1%.

Além de não alterarem o comportamento da germinação e do vigor de sementes, demonstraram eficácia no controle dos fungos de armazenamento, *Aspergillus* e *Rhizopus*, e dos fungos de campo, *Cladosporium* e *Fusarium*, associados às sementes de café arábica armazenadas. Apenas os fungos de armazenamento do gênero *Penicillium* não tiveram a infestação controlada pelos óleos essenciais das referidas espécies medicinais, nas condições avaliadas.

Os dados obtidos são inéditos, revelando o potencial de uso do óleo essencial de seis espécies medicinais e aromáticas para o tratamento de sementes de café arábica por produtores de sementes e viveiristas.