

**APLICAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL MELALEUCA ALTERNIFOLIA (TEA TREE) NO
CONTROLE FITOSSANITÁRIO DE UVAS ARRA 15 ®**

**APPLICATION OF MELALEUCA ALTERNIFOLIA (TEA TREE) ESSENTIAL OIL IN THE
PHYTOSANITARY CONTROL OF GRAPES ARRA 15 ®**

**APLICACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MELALEUCA ALTERNIFOLIA (ÁRBOL DEL
TÉ) EN EL CONTROL FITOSANITARIO DE LA UVA ARRA 15 ®**



10.56238/revgeov17n2-148

Thaís Nunes Alves Reis

Graduação em Nutrição

Instituição: Universidade de Pernambuco

E-mail: thais.nunesreis@upe.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8785-7266>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3792408597360180>

Thainá Oliveira dos Santos

Graduação em Nutrição

Instituição: Universidade de Pernambuco

E-mail: thaina.osantos@upe.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7432-0988>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7506009280844333>

Raquel Natali Cardoso Rebelo

Graduação em Nutrição

Instituição: Universidade de Pernambuco

E-mail: raquel.rebelo@upe.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0876-4422>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8251310432819919>

Ayane Lopes Lima

Graduanda em Nutrição

Instituição: Universidade de Pernambuco

E-mail: ayane.lopes@upe.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-3557-750X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0643522838404922>

Beatriz Cajuhi Paiva

Graduanda em Nutrição

Instituição: Universidade de Pernambuco

E-mail: beatriz.cpaiva@upe.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-2771-2986>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3533175179168241>



Ana Virginia Mudo Leandro de Souza

Graduanda em Nutrição

Instituição: Universidade de Pernambuco (UPE)

E-mail: anavirginia985@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-2175-4506>Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4583140853886690>**Matheus Jhonas Bezerra da Silva**

Graduando em Nutrição

Instituição: Universidade de Pernambuco (UPE)

E-mail: matheus.jhonas@upe.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4728-5966>Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7111661999096876>**Claudileide de Sá Silva**

Doutora em ciência e tecnologia dos alimentos

Instituição: Universidade de Pernambuco

E-mail: Claudileide.silva@upe.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3677-3000>Lattes: <https://lattes.cnpq.br/0449463456141164>

RESUMO

O Nordeste do Brasil é a segunda maior região produtora de uvas do país, entretanto, a comercialização do produto pode ser prejudicada pelo não seguimento dos padrões de qualidade internacionais, como pelo prazo de validade pós colheita, esses aspectos podem provocar o desperdício dos frutos. Nesse contexto, também é possível notar a busca crescente de produtos que possuem poucos ou nenhum aditivo químico, dessa forma, a aplicação de óleos essenciais para conservação de alimentos pode atender tanto ao anseio de ter produtos mais naturais como o aumentar o tempo de conservação de vegetais pós colheita. Por meio desta pesquisa, objetivou-se verificar a efetividade do uso do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* por difusão gasosa como antimicrobiano em uvas da variedade Arra 15 ®. Para isso, a uva foi adquirida no comércio local e o óleo essencial em uma empresa com teste de pureza comprovada, a concentração inibitória mínima (CIM) foi determinada para que os sachês pudessem ser fabricados e houvesse aplicação do óleo essencial, posteriormente, as uvas foram analisadas nos aspectos cor no padrão CIELAB, pH, firmeza, sólidos solúveis totais, perda de peso e controle microbiológico durante o tempo de armazenamento refrigerado (0,3,6,9,12, 22 e 30 dias) $5 \pm 1^\circ\text{C}$. O tratamento não se mostrou eficiente no controle microbiológico, entretanto, conseguiu preservar os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* ($p < 0,001$) em relação às amostras controle. Diante do que foi desenvolvido, são necessárias mais pesquisas buscando atingir a melhor preservação das bagas para um menor desperdício do fruto.

Palavras-chave: Bactericida. Fungicida. Antioxidante. Uva Arra 15 ®.

ABSTRACT

The Northeast of Brazil is the second largest grape-producing region in the country. However, the commercialization of the product can be hampered by failure to comply with international quality standards, such as the post-harvest expiration date, which can lead to fruit waste. In this context, it is



also possible to note the growing search for products that have few or no chemical additives. Thus, the application of essential oils for food preservation can meet both the desire for more natural products and increase the shelf life of vegetables after harvest. Through this research, the objective was to verify the effectiveness of the use of *Melaleuca alternifolia* essential oil by gas diffusion as an antimicrobial and antioxidant in grapes of the Arra 15 ® variety. For this purpose, the grapes were purchased from a local store and the essential oil from a company with proven purity testing. The minimum inhibitory concentration (MIC) was determined so that the sachets could be manufactured and the essential oil could be applied. Subsequently, the grapes were analyzed for color according to the CIELAB standard, pH, firmness, total soluble solids and microbiological control during the refrigerated storage period (0, 3, 6, 9, 12, 22 and 30 days) at $5 \pm 1^\circ\text{C}$ and statistical analysis was performed. The treatment was not efficient in microbiological control, however, it managed to preserve the color parameters L^* , a^* and b^* ($p < 0.001$) in relation to the control samples. Given the developments, further research is needed to achieve better preservation of the berries to reduce fruit waste.

Keywords: Bactericide. Fungicide. Antioxidant. Arra 15 ® Grape.

RESUMEN

El noreste de Brasil es la segunda región productora de uva más grande del país; sin embargo, la comercialización del producto puede verse obstaculizada por el incumplimiento de las normas internacionales de calidad, como la vida útil poscosecha, lo que puede generar desperdicio de fruta. En este contexto, también existe una creciente demanda de productos con pocos o ningún aditivo químico. Por lo tanto, la aplicación de aceites esenciales para la conservación de alimentos puede satisfacer tanto el deseo de productos más naturales como aumentar la vida útil poscosecha de las hortalizas. Esta investigación tuvo como objetivo verificar la eficacia del uso del aceite esencial de *Melaleuca alternifolia* mediante difusión gaseosa como agente antimicrobiano en uvas Arra 15®. Para ello, las uvas se adquirieron en mercados locales y el aceite esencial de una empresa con pruebas de pureza comprobadas. Se determinó la concentración mínima inhibitoria (CMI) para poder fabricar los sobres y aplicar el aceite esencial. Posteriormente, se analizaron las uvas para determinar su color según la norma CIELAB, pH, firmeza, sólidos solubles totales, pérdida de peso y control microbiológico durante el almacenamiento refrigerado (0, 3, 6, 9, 12, 22 y 30 días) a $5 \pm 1^\circ\text{C}$. El tratamiento no fue eficaz en el control microbiológico; sin embargo, logró preservar los parámetros de color L^* , a^* y b^* ($p < 0,001$) en comparación con las muestras control. Dados los hallazgos, se requiere mayor investigación para lograr una mejor conservación de las bayas y reducir el desperdicio de fruta.

Palabras clave: Bactericida. Fungicida. Antioxidante. Arra 15® Uva.



1 INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil representa a segunda maior região produtora de uvas do país com aproximadamente 32% da produção nacional, tendo sua produção voltada tanto para uvas de mesa quanto uvas para processamento de sucos e vinhos (Mello, 2018). Ela está apenas atrás da região Sul, que detém aproximadamente 52%, mas que se destinam em sua maioria à produção de sucos e vinhos (Mello, 2017). Segundo observação feita pelo Panorama da vitivinicultura brasileira em 2022, o Vale do Submédio São Francisco, é o maior polo produtor e exportador de uvas finas de mesa do Brasil (Protas et al., 2024).

No estado de Pernambuco a produção em 2022 foi de cerca de 340 mil toneladas de uvas e a produção do estado da Bahia, no mesmo ano, foi de 51 mil toneladas (Protas et al., 2024). A soma da produção destes dois estados compõe a produtividade do Nordeste brasileiro no cultivo de uvas, é um sistema de produção que depende de irrigação e oportuniza a possibilidade de mais de uma safra por ano na mesma área.

A Nordeste do Brasil é a segunda maior região produtora de uvas do país e a primeira quando se trata de exportações (Gebler, 2024). Entretanto, a comercialização do produto pode ser prejudicada, eventualmente, por problemas fitossanitários, como ocorreu no primeiro semestre de 2023 (Spalaor, 2023) ou pelo não seguimento dos padrões de qualidade internacionais, como o estabelecido pelo Codex Alimentarius, que é um conjunto de padrões, diretrizes e códigos desenvolvido pela FAO/OMS que versa sobre resistência antimicrobiana, biotecnologia, pesticidas, entre outros (FAO, 2024). Estes e outros aspectos podem provocar o desperdício dos frutos e reduzir a lucratividade da produção na região.

Nesse contexto há padrões determinantes para definição da qualidade das uvas estão: coloração, calibre (mm), acidez, tamanho de cacho, quantidade de cachos dentro da cumbuca, peso da cumbuca, presença de corpos estranhos - insetos, por exemplo - e de bagas podres, organização das cumbucas na caixa, tipo de fechamento do bolsão e selagem (Araújo Neto, 2019). Fato relevante, é que as uvas são frutos não climatéricos, isso quer dizer que após sua colheita, elas não passam mais pelo processo de amadurecimento (Souza et al., 2023). Dessa forma, a colheita deste fruto somente pode ser realizada quando se atinge o momento em que a maturação está adequada objetivando a obtenção da qualidade (Cruz et al., 2017).

Há, além disso, o prazo de validade pós-colheita das uvas que é um desafio para exportadores, tendendo a reduzir a comercialização devido às circunstâncias de armazenamento por períodos prolongados, pois ocorre diminuição na atividade fisiológica, aumento de infecções fúngicas e da sensibilidade à desidratação (Camargo et al., 2012). Outros problemas graves de perda de qualidade são a perda de peso, perda de firmeza e alteração na coloração (Sánchez-González, 2011). Além dos aspectos físico-químicos, o ataque microbiológico tem se mostrado um desafio para os produtores



(Spalaor, 2023). Os gêneros *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Aspergillus* são os microrganismos fúngicos frequentemente detectados em uvas produzidas no Vale do São Francisco e que provocam perdas econômicas significativas (Choudhury, Resende e Costa, 2000). Estas ocorrências têm levado a aplicação de produtos químicos na lavoura, o que pode comprometer a saúde dos agricultores e dos consumidores, além de poder tornar a produção dessa fruta economicamente desfavorável no mercado internacional, tendo como exemplo o Limite Máximo de Resíduos (LMR) de agrotóxicos em frutas estabelecido pela União Europeia (Frota & Siqueira, 2021; Vidal, 2024). Assim, é crescente a busca por alimentos mais saudáveis e sustentáveis, mercado este que tem sofrido significativo aumento (Gomes et al., 2024).

Diante das complexidades em produzir frutas, em especial uvas, que exigem tecnologias que aprimorem o controle fitossanitário e da necessidade em reduzir o uso de agrotóxicos, a aplicação de óleos essenciais vir a ser um método de conservação de alimentos que pode atender tanto a estes anseios, como aumentar o tempo de conservação de vegetais pós-colheita (Melo, 2023). Neste contexto, a aplicação de óleos essenciais para controle microbiológico e no prolongamento do prazo de validade em alimentos tem se mostrado promissora (Calo et al., 2015; Silva et al., 2019).

Os óleos essenciais são capazes de promover atividade antimicrobiana, associados ou não a outras substâncias (Moreira & Gulão, 2020). Por sua vez, o óleo essencial obtido de *Melaleuca alternifolia* (tea tree) já vem sendo utilizado como princípio ativo de antibióticos para doenças cutâneas na Austrália, América do Norte e Europa, com o primeiro relato de aplicação em alimentos por Silva et al. (2019) em carne, sem, no entanto, existirem abordagem de sua contribuição no prolongamento da validade pós-colheita de frutas. Sendo assim, o presente trabalho objetiva aplicar o óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (tea tree) por difusão gasosa no controle microbiológico de uvas Arra 15®, sem sementes, assim como avaliar a manutenção das características de qualidade pós-colheita.

2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO, AQUISIÇÃO DAS UVAS E ÓLEO ESSENCIAL

O presente estudo é caracterizado como experimental, o qual buscou avaliar a ação do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (tea tree) frente ao desenvolvimento fúngico e sua interação na matriz alimentar de forma a preservar parâmetros como cor, firmeza, pH e sólidos solúveis totais. As uvas Arra 15®, sem sementes foram adquiridas no mercado local de Petrolina, e escolhidas as sem hematomas, cortes ou abrasões, com tamanho e maturidade semelhantes.

O óleo essencial foi obtido na empresa Ferquima Indústria e Comércio LTDA, que possui processo de extração padronizado, através de destilação à vapor das folhas e fornece a caracterização química dos seus óleos, o de *M. alternifolia* apresenta sua composição com os principais componentes em concentrações aproximadas: 41% de Terpineno-4-ol, 21% de γ -terpineno, 9% de α -terpineno, 4%



de α -terpineol, 3% de Terpinoleno, 3% de α -pineno, 3% de p-cimeno e 1% de 1,8-cineol (Lasthaus, 2024).

2.2 TRATAMENTO APLICADO NAS UVAS

O lote de uvas selecionadas foi dividido de modo que os tratamentos e os controles fossem realizados em triplicata para cada análise. Após este processo as uvas foram divididas em grupos, sendo o primeiro que não sofreu tratamento e foi denominado TC (teste controle), e o segundo grupo recebeu um dispositivo contendo óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* na CIM/g, sendo o grupo denominado TTO (tea tree oil). As Triplicatas seguiram para análises microbiológicas e para a análises de qualidade (pH, cor, sólidos solúveis totais e firmeza), mantidas sob armazenamento refrigerado ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) por 0,3,6,9,12, 22 e 30 dias.

2.3 AVALIAÇÃO DO EFEITO DA ADIÇÃO DOS ÓLEOS NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE (PH, COR, SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS E FIRMEZA)

O pH de amostras não tratadas e tratadas foi mensurado por potenciometria pelo método descrito pela AOAC (AOAC, 1995) usando pHmetro de bancada, com leituras realizadas nos tempos 0, 3, 6, 9, 12 e 22 dias de armazenamento. A cor das amostras foram avaliadas nos tempos citados, usando colorímetro equipado com uma luz D65 e ângulo de 0° e Ângulo de visão com leitura das coordenadas de reflectância (L^* , a^* , b^* ; CIE, 1976). Os sólidos solúveis totais foram medidos com o auxílio de uma refratômetro digital e a firmeza foi determinada por penetrômetro.

As análises microbiológicas foram realizadas nos tempos citados, sendo coletadas amostras e avaliadas conforme descrito por Kakani et al. (2018) e realizadas contagens em placas para aeróbios mesófilos em ágar PCA incubadas à $35 \pm 1^\circ\text{C}$ por 48 h. A contagem de bolores será realizada utilizando o método da American Public Health Association, com uso de ágar dicloran rosa de bengala cloranfenicol à $25 \pm 1^\circ\text{C}$ por 5 dias. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O banco de dados foi construído utilizando o software EXCEL (versão office home, 2018) e as análises estatísticas foram realizadas no programa Prism versão 5.0 (GraphPad, USA) por estatística descritiva, teste two-way ANOVA com pós-teste de Bonferroni para analisar o efeito dos diferentes tratamentos e do tempo contra as cepas analisadas e demais parâmetros de qualidade. O nível de significância considerado foi de $p < 0,05$ para todos os dados experimentais.

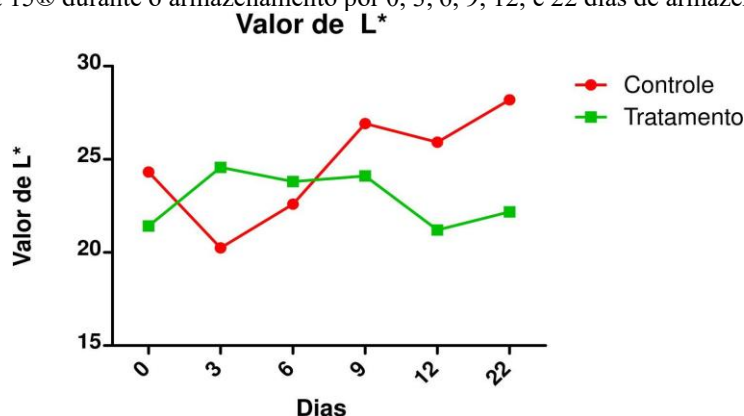


3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COR, TEXTURA, SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS E PH

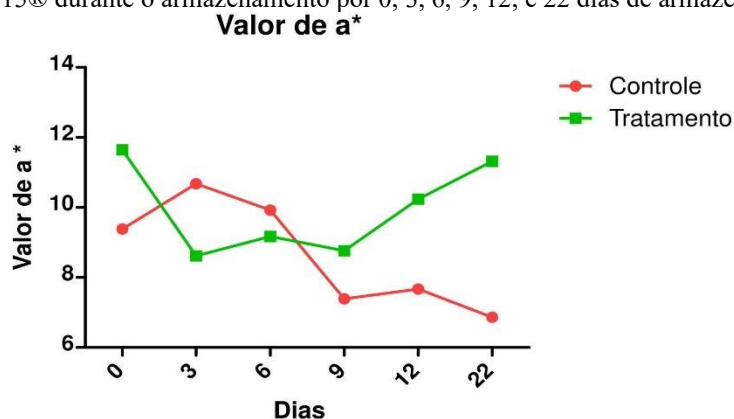
Ao avaliar a cor, verificou-se que no parâmetro L houve melhores resultados para amostras tratamento ao comparar com as controle em todos os tempos ($p < 0,001$) de armazenamento, exceto no dia 6 (figura 1) e nos parâmetros de a^* e de b^* , a diferença também foi significativa com $p < 0,001$ e $p < 0,042$, respectivamente (figuras 2 e 3). Estes resultados foram semelhantes aos descritos por Melo (2023), que utilizou uvas, sendo a variedade alvo a Thompson Seedless, e dois óleos essenciais - *Melaleuca alternifolia* e *Copaifera officinalis* - em sua análise, nela demonstrou que as uvas tratadas com os óleos essenciais apresentaram conservação da cor quando comparada às uvas não tratada. Este aspecto de conservação também é retratado como desejável quando se aplica revestimentos ativos comestíveis (Treviño-Garza, 2015).

Figura 1. Comparação entre grupos controle e tratamento com óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (tea tree) no valor de L^* de uvas Arra 15® durante o armazenamento por 0, 3, 6, 9, 12, e 22 dias de armazenamento, à $3 \pm 1^\circ\text{C}$.



Fonte: Autoria própria, 2024.

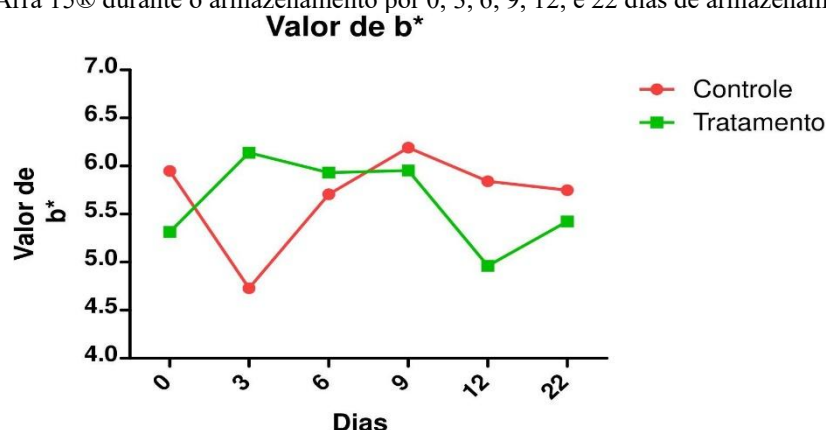
Figura 2. Comparação entre grupos controle e tratamento com óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (tea tree) no valor de a^* de uvas Arra 15® durante o armazenamento por 0, 3, 6, 9, 12, e 22 dias de armazenamento, à $3 \pm 1^\circ\text{C}$.



Fonte: Autoria própria, 2024.



Figura 3. Comparação entre grupos controle e tratamento com óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (tea tree) no valor de b^* de uvas Arra 15® durante o armazenamento por 0, 3, 6, 9, 12, e 22 dias de armazenamento, à $3 \pm 1^\circ\text{C}$.



Fonte: Autoria própria, 2024.

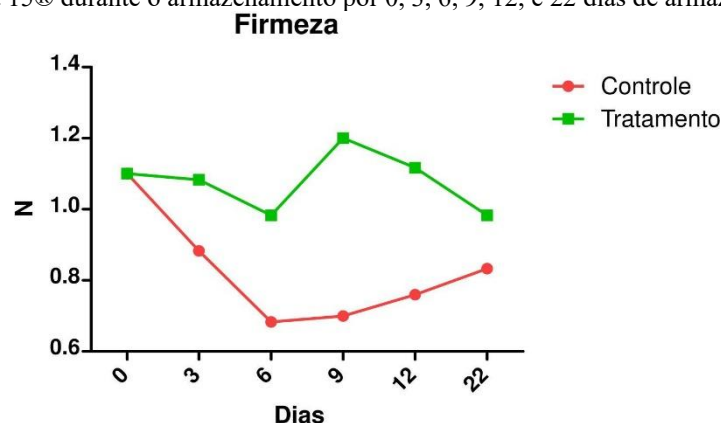
Estes resultados do presente trabalho, mostram que a aplicação do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (tea tree) nas uvas da variedade Arra 15® foram capazes de auxiliar a manutenção da cor durante os 22 dias de armazenamento, este resultado se mostra positivo, visto que a mudança de coloração é um parâmetro que indica a senescência das bagas. Estes achados podem ser explicados podem ser atribuídos às propriedades antioxidantes deste óleo que há muito tempo são conhecidas, principalmente pela indústria farmacêutica e pela medicina (Melo, 2023). Além disso, nanoemulsões contendo o óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* são utilizadas amplamente devido suas moléculas bioativas e possuem propriedade desenvolvidas, possuindo aplicação como antioxidante (Sathiyaseelan, 2023).

Apesar de ser um achado promissor, há estudos, como o de Alves (2021) nos quais a aplicação do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (tea tree) ocasionou uma mudança de cor desfavorável ao fruto alvo, no caso, em morangos, estes reduziram a característica vermelho brilhante e, consequentemente, perderam valor comercial. A existência de divergência corrobora para o alerta de Moraes (2009) que ressalta que apesar de serem naturais, os óleos possuem princípios ativos que não deixam de ser substâncias químicas, logo, devem ser utilizados com cautela e critério.

Ao avaliar a firmeza (figura 4), nota-se que grupo tratamento conseguiu obter melhores resultados quando comparado ao grupo controle ($p < 0,0166$). Esse achado concorda com os resultados encontrados por Melo (2023) em seu trabalho com uvas e óleos essenciais, resultado semelhante também é demonstrado no trabalho de Neto (2018) que ao microencapsular óleos essenciais, inclusive o *M. alternifolia*, para a elaboração de embalagens plásticas com a capacidade e liberação gradativa dos ativos, obteve resultados significantes na manutenção da firmeza de maçãs. Em contrapartida, quando aplicado em morangos, o óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* diminuiu a firmeza dos frutos, sendo considerado que pode ter acelerado o processo de amadurecimento, devido a perda de integridade da parede celular (Alves, 2021). Este último apontamento direciona a considerar a influência das matrizes alimentares na interação com os óleos essenciais.



Figura 4. Comparação entre grupos controle e tratamento com óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (tea tree) na firmeza de uvas Arra 15® durante o armazenamento por 0, 3, 6, 9, 12, e 22 dias de armazenamento, à $3 \pm 1^\circ\text{C}$.



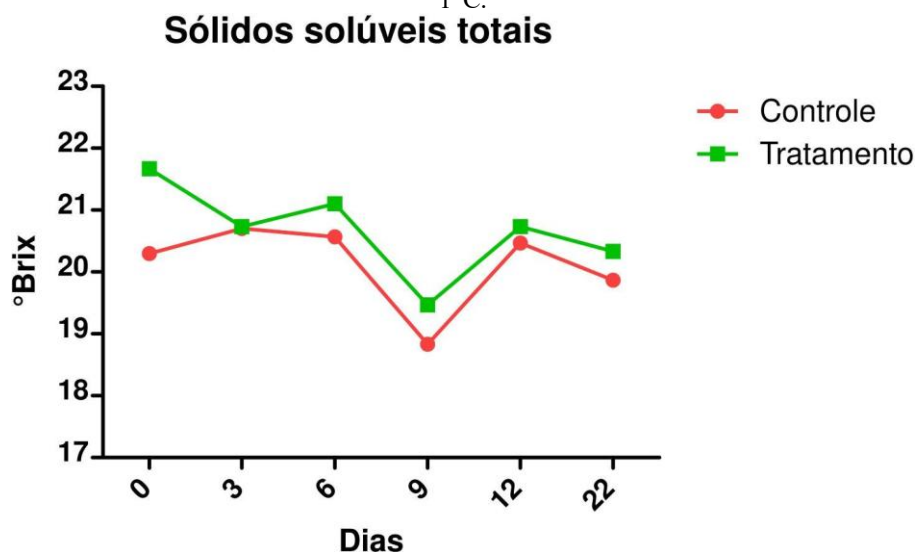
Fonte: Autoria própria, 2024.

A determinação dos sólidos solúveis totais auxilia classificação do grau de maturação de uma fruta esse valor diz respeito, principalmente, à quantidade de açúcares e ácidos dissolvidos, os quais são expressos em °Brix e estão associados ao sabor adocicado das frutas e seus respectivos sucos, assim, quanto maior o °Brix, maior a doçura do fruto (Neto, 2019). No experimento, apesar de ocorrer o decaimento do °Brix nos dois grupos, quando comparado o grupo tratamento e o grupo controle, a aplicação por difusão gasosa do óleo, demonstrou resultados consistentes e relevantes estatisticamente ($p < 0,0311$). Este resultado em que o grupo exposto ao tratamento apresenta um melhor resultado reforça o que foi encontrado no experimento com microencapsulamento de óleo essencial de *M. alternifolia* em embalagens (Neto, 2018) e no experimento utilizando a uva Thompson Seedless tratadas com óleo de *Melaleuca alternifolia* e óleo essencial de *Copaifera officinalis* (Melo, 2023).

Estes resultados podem ser possivelmente explicados pela própria fisiologia vegetal das uvas que são classificadas como frutos não climatéricos, ou seja, ela se comporta de modo que haja uma redução da produção de CO_2 e C_2H_4 , gases que atuam como hormônios participantes da maturação do fruto, com a diminuição da sua produção, há uma baixa atividade bioquímica neste aspecto e o amadurecimento cessa após a colheita, a produção de açúcares também é afetada pela redução do metabolismo (Choudhury et al., 2001; Mendanha, 2014).



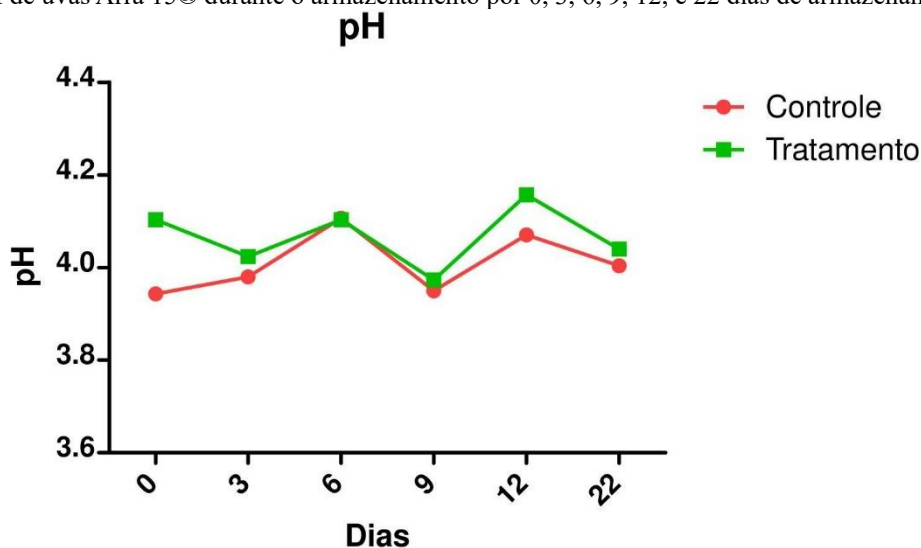
Figura 5. Comparação entre grupos controle e tratamento com óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (tea tree) nos sólidos solúveis totais de uvas Arra 15® durante o armazenamento por 0, 3, 6, 9, 12, e 22 dias de armazenamento, à $3 \pm 1^\circ\text{C}$.



Fonte: Autoria própria, 2024.

Os resultados das avaliações do potencial hidrogeniônico (pH) de amostras tratadas e não tratadas, nos tempos 0, 3, 6, 9, 12 e 22 dias de armazenamento, não demonstraram diferença entre tratamento e controle (figura 6).

Figura 6. Comparação entre grupos controle e tratamento com óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (tea tree) na avaliação do pH de uvas Arra 15® durante o armazenamento por 0, 3, 6, 9, 12, e 22 dias de armazenamento, à $3 \pm 1^\circ\text{C}$.



Fonte: Autoria própria, 2024.

3.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

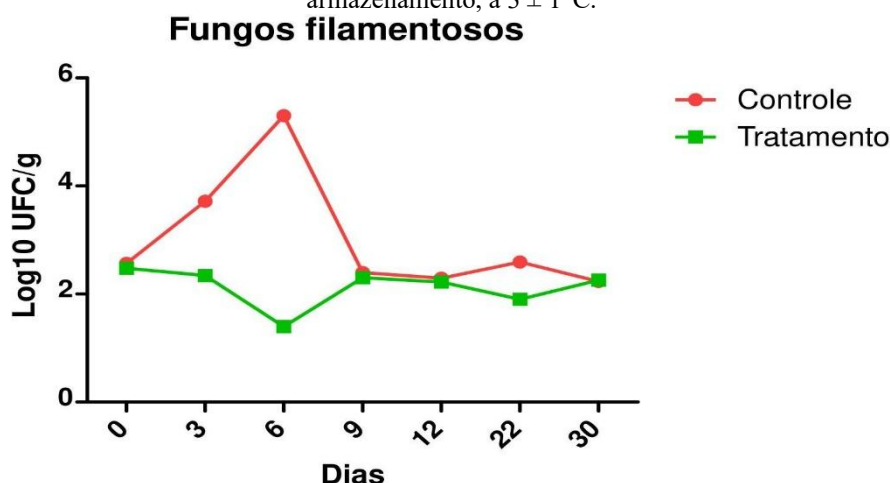
A contagem de fungos filamentosos durante o período de armazenamento foi significativamente menor nas amostras tratadas ($p < 0,0001$) em relação ao grupo controle durante os nove primeiros dias de armazenamento (figura 7). Nesse contexto, é preciso avaliar duas prováveis causas que possam explicar este resultado. A primeira está na atividade antifúngica do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* aliada à sua característica de volatilidade, interferindo no tempo de ação do óleo



(Nascimento, 2007; Morais, 2009). A segunda pode ser relacionada ao comportamento do óleo essencial nas estruturas fúngicas, com ação na síntese dos ácidos nucleicos e consequente dificuldade de reprodução, interferência no processo de respiração celular e rompimento da membrana celular (Harris, 2002).

Resultados em que o óleo essencial de *M. alternifolia* (tea tree) tiveram efeito sobre fungos são comuns na literatura em diversos âmbitos, estes podem ser encontrados agindo sobre diferentes gêneros como espécies do gênero *Stemphylium* que tiveram seu índice de velocidade do crescimento micelial reduzido quando expostos ao óleo de melaleuca nas concentrações de 0,6 e 0,8% (Neves et al., 2021). Ou ainda, a utilização do óleo de *Melaleuca alternifolia* para combater a antracnose da banana causada pelo *Colletotrichum musae*, neste experimento Gonçalves et al. (2023) notou que o tratamento reduziu a área sob a curva de progresso da doença e a severidade da antracnose, sem causar ação fitotóxica.

Figura 7. Comparação entre grupos controle e tratamento com óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (tea tree) na proliferação de fungos filamentosos em uvas Arra 15® durante o armazenamento por 0, 3, 6, 9, 12, 22 e 30 dias de armazenamento, à $3 \pm 1^\circ\text{C}$.



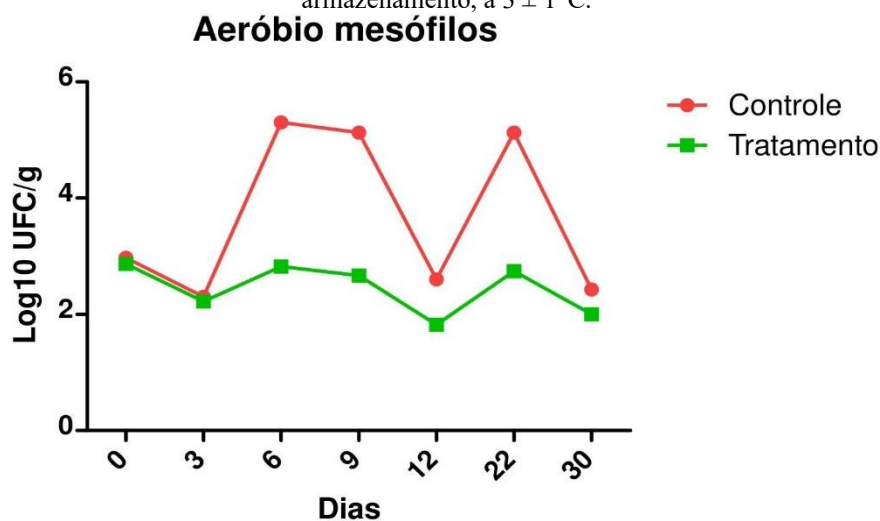
Fonte: Autoria própria, 2024.

Ao realizar a contagem de aeróbios mesófilos durante o armazenamento, evidenciou-se melhor resultado para as amostras tratadas em relação às amostras de controle, este resultado também se mostrou estatisticamente relevante ($p < 0,0156$). O resultado positivo para este parâmetro segue dentro do esperado, um estudo experimental com 4 cepas bacterianas - *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus* - averiguou que os óleos essenciais estudados, ou seja, *C. cassia*, *M. alternifolia* e *E. caryophyllus*, foram capazes de sensibilizar todas as cepas bacterianas de interesse, cada um apresentando certas especificidades (Oliveira et al., 2022).

Esse efeito bactericida é explicado pelo principal componente do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia*, o Terpinen-4-ol, ele é o responsável pelo comprometimento da integridade da membrana celular, logo a fisiologia da bactéria fica prejudicada (Correa et al., 2020).



Figura 8. Comparação entre grupos controle e tratamento com óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (tea tree) na proliferação de aeróbios mesófilos em uvas Arra 15® durante o armazenamento por 0, 3, 6, 9, 12, 22 e 30 dias de armazenamento, à $3 \pm 1^\circ\text{C}$.



Fonte: Autoria própria, 2024.

Dessa forma, a aplicação do óleo através de difusão gasosa teve impacto na conservação microbiológica das uvas, através da análise de dados também foi possível constatar que o grupo tratamento apresentou melhores resultados tanto para as análises físicas como microbiológicas. O conjunto desses parâmetros corrobora com os critérios estabelecidos como padrão de qualidade e comercialização das uvas, que de forma geral é a aparência da uva, essa característica engloba outras como cor, tamanho, forma e maturação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa evidenciam o potencial do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (tea tree) na conservação pós-colheita de uvas da variedade Arra 15®, a aplicação por difusão gasosa mostrou-se eficaz em retardar a senescência das frutas, preservando características desejáveis como coloração e firmeza, fundamentais para a aceitação comercial durante o período de armazenamento, demonstrado a partir dos resultados estatisticamente significantes. Além disso, os dados apontam que o óleo apresentou atividade antimicrobiana significativa, reduzindo a contagem de fungos filamentosos e aeróbios mesófilos, o que reforça seu papel como agente natural para prolongar a vida útil e a qualidade das uvas. Esses achados corroboram com estudos prévios e destacam o efeito antioxidante e antimicrobiano do óleo essencial, atribuído principalmente à presença do Terpinen-4-ol.

Embora promissores, os resultados sugerem que o impacto do óleo essencial pode variar dependendo da matriz alimentar, como observado em outros frutos, e que seu uso deve ser ajustado de forma criteriosa para evitar efeitos indesejáveis. Assim, a continuidade de estudos focados em diferentes concentrações, métodos de aplicação e variedades de frutas é essencial para ampliar a compreensão sobre as interações químicas envolvidas. De maneira geral, este trabalho contribui para o avanço da pesquisa no âmbito clean label e em busca de alternativas sustentáveis e naturais na



preservação de frutas, alinhando-se às demandas do mercado por produtos de alta qualidade e com menor impacto ambiental.



REFERÊNCIAS

- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. 16. ed. Washington: [s.n.].
- ARAÚJO NETO, J. R. Manejo de videiras para produção de uvas de mesa no Vale do São Francisco— Fazenda Nova Neruda. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil, 2019.
- BOROSKI, M.; VISENTAINER, J. V.; COTTICA, S. M.; MORAIS, D. R. Antioxidantes: princípios e métodos analíticos. 1.ed. Curitiba: Appris, 2015.
- BISHOP, C.D.; THORNTON, I.B. Evaluation of the antifungal activity on the essential oils of *Monarda citriodora* var. *citriodora* and *Melaleuca alternifolia* on post harvest pathogens. *Journal of Essential Oil Research* 9: 77-82. 1997.
- CALO, J. R. et al. Essential oils as antimicrobials in food systems – A review. *Food Control*, v. 54, p. 111 a 119, 2015.
- CAMARGO, R. B. Atmosfera modificada na conservação da qualidade de uva ‘Thompson Seedless’ e na redução da podridão de *Aspergillus*. *Summa Phytopathol, Botucatu*, v. 38, n. 3, p. 216-222, 2012.
- CHOUDHURY, M. M.; RESENDE, J. M.; COSTA, T. S. Deterioração pós - colheita de uvas de mesa. Embrapa, 2000.
- CHOUDHURY, M. M.; COSTA, T. S.; LEÃO, P. C. S.; RESENDE J. R. Colheita e Pós-colheita. In: Patrícia Coelho de Souza Leão. *Uva de Mesa: Produção*. 1ª Ed. Brasília: Embrapa, 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179629/1/Uva-de-mesa-producao-aspecto-s-tecnicos-p.106-111-2001.pdf> .
- CRUZ, M. M. Maturação e indicadores do ponto de colheita da uva “Arra 15 ®” no Submédio do Vale do São Francisco. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró - RN, p. 103. 2018.
- CRUZ, M.M. et al. Maturação e Qualidade da Uva de Mesa ‘Arra 15’ ® em Ciclo do Primeiro Semestre no Submédio do Vale do São Francisco In: *Jornada de Integração da Pós-Graduação da Embrapa Semiárido*, nº 2, 2017, Petrolina. *Anais da II Jornada de Integração da Pós-Graduação da Embrapa Semiárido*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1084691/1/SDC280.pdf> .
- CORREA, L. T. et al. Atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Melaleuca* e sua incorporação em um creme mucocutâneo. *Revista Fitos*. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/41290> .
- FAO. *Codex Alimentarius: International Food Standards*, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/> .
- FROTA, M.T.B.A; SIQUEIRA, C.E. Agrotóxicos: os venenos ocultos na nossa mesa. *Cadernos de Saúde Pública* [online]. 2021, v. 37, n. 2. Disponível em: doi.org/10.1590/0102-311X00004321.
- GEBLER, L. et al. Relatório de avaliação dos impactos de soluções tecnológicas geradas pela EMBRAPA. Bento Gonçalves, 2024. Disponível em: https://bs.sede.embrapa.br/2023/relatorios/uvaevinho_suco.pdf .



GOMES, A. O. A. S. et al. Importância das feiras agroecológicas para a contribuição de sistemas alternativos de produção e seu impacto para a promoção da alimentação saudável e sustentável. *Research, Society and Development*, v.13, n.10, 2024.

GONÇALVES, D.C. et al. Uso do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* como estratégia eficiente para prolongar a vida útil de bananas. *Sistemática Bioquímica e Ecologia*, v. 108, 2023.

HARRIS, R. Progress with superficial mycoses using essential oil. *Int. J. Aromather.* v.12, n. 2, p. 83 - 91, 2002.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Estatística da Produção Agrícola. IBGE, 2023. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2023/estProdAgri_202311.pdf.

KAKANI, G. et al. Using antimicrobials as a food safety measure during phytosanitary treatments in mangoes. *Postharvest Biology and Technology*, v. 138, p. 114–124, 2018.

LASTHAUS, A. Laudo Técnico: Óleo Essencial de *Melaleuca* (Tea Tree). Ferquima, 2024. Disponível em: <https://www.ferquima.com.br/novo/produtos/pdf/MELALEUCA%20OE.pdf>.

LEÃO, P. C. S. Avanços e perspectivas da produção de uvas de mesa no Vale do Submédio São Francisco. *Todafruta: Boletim Frutícola* Nº15, 2021. Disponível em: <https://www.todafruta.com.br/wp-content/uploads/2021/08/Boletim-15-2021-Uva.pdf>.

LEÃO, P. C. S. Breve histórico da vitivinicultura e sua evolução na região semiárida brasileira. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, Recife, vol. 7, p.81-85, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/47735/1/13-Cronica-07.pdf>

LIMA, M. A. C. et al. Pesquisa, desenvolvimento e inovação para a produção tropical de uvas para mesa, vinho e suco: situação atual e oportunidades. EMBRAPA. Documentos 293 online, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1123045/1/Pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao-para-a-producao-tropical-2019.pdf>.

MELO, A. C. N.; BARROS, M. G. S.; SILVA, C. de S. Aplicação de essencial de tea tree (*Melaleuca alternifolia*) e óleo bálsamo de copaíba (*Copaifera officinalis*) na extensão da qualidade pós-colheita de uvas Thompson Seedless. *Contribuciones A Las Ciencias Sociales*, v. 16, n. 12, p. 29518–29535, 2023. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/2551>.

MELLO, L. M. R. Relatório da avaliação de impactos econômicos das novas cultivares de uvas sem sementes BRS Vitória e BRS Isis no Vale São Francisco – 2017. Centro nacional de pesquisa de uva e vinho, Bento Gonçalves, 2017.

MELLO, L. M. R. Relatório da avaliação de impactos econômicos das novas cultivares de uvas sem sementes BRS Vitória e BRS Isis no Vale São Francisco. EMBRAPA uva e vinho, Bento Gonçalves, 2017. Disponível em: https://bs.sede.embrapa.br/2016/relatorios/uvaevinho_2016_uvasemsemente.pdf.

MELLO, L. M. R. Vitivinicultura brasileira: panorama 2017. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e vinho, 2018. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 207) Ação gerencial: Observatório Vitivinícola. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/187913/1/ComunicadoTecnico-207.pdf>.



- MENDANHA, R. S. R. R. (2014) - Atmosfera modificada na embalagem de uva, vegetais inteiros e minimamente processados. Dissertação de Mestrado. Lisboa, Universidade de Lisboa. 67 p.
- MENEZES, C. A. F.; MOREIRA, A. N.; PEREZ, J. O.; LEMOS, L. J. U. Avaliação fitossanitária de *Vitis vinifera*, cultivar BRS Vitória, no município de Petrolina-PE. *Revista Semiárido De Visu*, Petrolina, v.12, n.3, p.1278-1297, 2024. Disponível em: <https://revistas.ifsertaope.edu.br/index.php/rsdv/article/view/759/604> .
- MORAIS, L.A.S. Óleos essenciais no controle fitossanitário. In: *Biocontrole de doenças de plantas: usos e perspectivas*. EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna- SP, 2009.
- MOREIRA, A.S.S.; GULÃO, E.S. Encapsulação de óleos essenciais para aplicação em alimentos: uma revisão. *Ciência, Tecnologia e Inovação: do campo à mesa*, 2020. Disponível em: <https://ciagro.institutoidv.org/ciagro/uploads/1880.pdf> .
- NETO, A.C.R. Aplicação de óleos essenciais em embalagens bioativas para controle do bolor azul (*Penicillium expansum*) em frutos de maçã. Tese (Doutor em Biotecnologia e Biociências). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2018.
- NEVES, F.O.B.C. et al. Medios de cultivo y efecto del aceite esencial de melaleuca en el crecimiento micelar de *Stemphylium* sp. *Investigación Agraria*, ISSN-e 2305-0683, ISSN 1684-9086, Vol. 23, Nº. 1, 2021 (Ejemplar dedicado a: Enero-Junio), págs. 40-46. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8744977> .
- OLIVEIRA, A.F.M. et al. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais frente a bactérias patogênicas de importância clínica. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 13, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/35639/29892> .
- PROTAS, J. F. S.; LAZZAROTTO, J. J.; MACHADO, C. A. E. Panorama da vitivinicultura brasileira em 2022. *Comunicado Técnico 233*. Embrapa, 2024. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/274202/1/ComTec-233-2024.pdf> .
- SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L. et al. Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biology and Technology*, n. 60, p. 57-63, 2011.
- SATHIYASEELA, A; ZHANG, X.; WANG, M. Enhancing the Antioxidant, Antibacterial, and Wound Healing Effects of Melaleuca alternifolia Oil by Microencapsulating It in Chitosan-Sodium Alginate Microspheres. *Nutrients*, v. 15, n. 6. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/6/1319> .
- SCHERER, R.; GODOY, H.T. Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chemistry*, v.112, n.3, p.654-658, 2009.
- SILVA, C.N., SILVA, D.N., QUADROS, C.P., SILVA, C.S. Uso potencial de resíduo de uvas no desenvolvimento de produtos funcionais: uma revisão. *Research, Society and Development*, 2021.
- SILVA, C. S., FIGUEIREDO, H. M., STAMFORD, T. L. M., SILVA, L. H. M. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by Melaleuca alternifolia (tea tree) essential oil in ground beef. *International Journal of Food Microbiology*, v. 293, p. 79–86, 2019.



SOUZA, F. et al. Técnicas de processamento de frutas amazônicas para produção de farinha. Editora INPA, 2023. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/39293/1/tecnicas-de-processamento.pdf>.

SOUZA LEÃO, É. L.; MOUTINHO, L. M. G.; CAMPOS, LUÍS H. R. Arranjo Produtivo Local da Fruticultura Irrigada do Vale do Submédio do São Francisco, Pernambuco/Bahia: Fluxos Comerciais e Dinamismo Local. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 9, n. 2, p. 273-303, 2016.

SPALAOR, G.; LIMA, G.; GERALDINI, F. Anuário HF Brasil: Retrospectiva 2023 & Perspectiva 2024. Revista Hortifruti Brasil, edição especial, nº 240, 2023.

TREVIÑO-GARZA, M., et al. Edible Active Coatings Based on Pectin, Pullulan, and Chitosan Increase Quality and Shelf Life of Strawberries (*Fragaria ananassa*). Journal of Food Science, 80(8), 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26189365/>.

VIDAL, M. F. Fruticultura. Caderno Setorial ETENE, ano 9, nº 337, 2024. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/2706/1833>.

