

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

JANAIANA CATARINA DA SILVA

CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS VOLÁTEIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Melaleuca alternifolia* E SUA EFICIÊNCIA NO CONTROLE DE *Penicillium expansum* EM MAÇÃS ‘FUJI’

LAGES 2021

JANAIANA CATARINA DA SILVA

CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS VOLÁTEIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Melaleuca alternifolia* E SUA EFICIÊNCIA NO CONTROLE DE *Penicillium expansum* EM MAÇÃS ‘FUJI’

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, na Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Cristiano André Steffens

Co-Orientador: Bruno Pansera Espíndola

LAGES

2021

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Silva, Janaiana Catarina da
CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS VOLÁTEIS DO
ÓLEO ESSENCIAL DE *Melaleuca alternifolia* E SUA EFICIÊNCIA NO
CONTROLE DE *Penicillium expansum* EM MAÇÃS 'FUJI' /
Janaiana Catarina da Silva. -- 2021.

74 p.

Orientador: Cristiano André Steffens Coorientador:
Bruno Pansera Espíndola
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2021.

1. *Malus domestica* (Borkh.). 2. Mofo-azul. 3. Odor. I. Steffens,
Cristiano André. II. Pansera Espíndola, Bruno. III. Universidade do
Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título.

JANAIANA CATARINA DA SILVA

CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS VOLÁTEIS DO ÓLEO ESSENCIAL DE
Melaleuca alternifolia **E SUA EFICIÊNCIA NO CONTROLE DE** *Penicillium*
expansum **EM MAÇÃS ‘FUJI’**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: _____



Professor Dr. Cristiano André Steffens

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Lages/SC

Membro: _____

Professora Dra. Mayra Juline Gonçalves

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Lages/SC

Membro: _____

Professor Dr. Marcos Vinícius Hendges

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Coxim, MS

Lages 27 de janeiro de 2021

AGRADECIMENTOS

Á Deus.

A minha família, em especial aos meus pais, Mercedes e Darci pelo incentivo, apoio, amor e por acreditarem em mim a todo o momento. Ao meu namorado Marcos, pela compreensão, paciência e carinho.

Ao meu orientador Cristiano André Steffens pela oportunidade, confiança, amizade, dedicação e orientação excelente.

Ao meu coorientador Bruno Pansera Espíndola, pelo auxílio, orientação e amizade.

Ao professor Airton Luiz Bortoluzzi, pelos ensinamentos repassados durante a graduação e que me instigaram a fazer esse trabalho, por permitir a coleta das plantas e pelo auxílio durante todo o processo de coleta.

As amigas que fiz durante essa etapa, Adriana, Angélica, Juliana, Karina e keli, pela amizade verdadeira, por estarem presente em todos os momentos, pelos ensinamentos repassados que foram de grande valia, estarão para sempre no meu coração.

Aos professores, funcionários e colegas graduandos e pós-graduandos, especialmente a equipe do laboratório de fisiologia e tecnologia pós-colheita, pelos ensinamentos de qualidade, auxílio na realização de experimentos, suporte, dedicação e paciência na realização das atividades.

Ao CAV/UEDESC, pela estrutura de materiais e apoio, laboratórios e pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Muito Obrigada!

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (OEM), comercial e extraído de folhas, sobre incidência e severidade de podridões causadas por *Penicillium expansum*, bem como sobre a qualidade pós-colheita de maçãs ‘Fuji’ e identificar o perfil do OEM. Para a análise química dos óleos essenciais foram utilizadas amostras dos óleos extraídos de folhas coletadas em diferentes épocas (primavera, verão, inverno e outono) e do óleo comercial, o perfil de voláteis foi caracterizado por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa. Foram conduzidos experimentos *in vivo* para avaliar o efeito do OEM, extraído e comercial, sobre a qualidade do fruto e controle de mofo-azul em maçãs ‘Fuji’, em condição ambiente e armazenamento refrigerado. Os tratamentos avaliados foram (0, 50, 99 e 254 $\mu\text{L L}^{-1}$) do óleo essencial (OE) extraído, e de (0, 50, 82 e 274 $\mu\text{L L}^{-1}$) do OE comercial para o experimento em condição ambiente. E de (0, 43, 85 e 124 $\mu\text{L L}^{-1}$) do OE extraído, e de (0, 49, 78 e 126 $\mu\text{L L}^{-1}$) do OE comercial para em armazenamento refrigerado, aplicados por vaporização. Os frutos inoculados com *P. expansum* foram avaliados quanto a severidade de podridão. Frutos não inoculados foram avaliados os atributos de firmeza de polpa, sólidos solúveis, acidez titulável, cor de epiderme, taxas respiratória e de produção de etileno, compostos fenólicos totais, atividade da enzima peroxidase e perfil de compostos voláteis. Em condição ambiente o OEM extraído e comercial, proporcionaram aumento na taxa de produção de etileno, ainda o OEM extraído apresentou frutos com maiores valores de *C* e frutos menos firmes. O OEM comercial interferiu no aumento na taxa de respiratória, diminuiu os valores de *L** e acidez titulável dos frutos. No experimento de armazenamento refrigerado, a aplicação de OEM extraído e comercial, diminuíram a taxa de produção de etileno e taxa respiratória, em todas as doses aplicadas, diminuíram os valores de *L** e *C* e reduziu a firmeza dos frutos, o OEM comercial causou redução nos valores de cromatograma. Ambos os OEM (extraído, comercial) apresentaram redução na severidade de mofo-azul, em todas as doses aplicadas. Em relação aos compostos aromáticos dos frutos, foi identificado que a aplicação do OEM em todas as dosagens, interferiu no odor do fruto, diminuindo a área relativa ou ainda inibiu os compostos principais característicos do aroma de maçãs em ambos os experimentos. Foi possível identificar a presença de compostos principais do OEM no odor das maçãs tratadas. Em relação a análise sensorial dos frutos, no experimento de armazenamento refrigerado, frutos submetidos ao tratamento com OEM (extraído e comercial) diminuíram a aceitação do consumidor, tanto olfativa quanto a preferência de compra, e essa preferência diminuiu com o aumento da dose aplicada. Na análise de composição química do OEM extraído, observou-se que existe diferença

no perfil de voláteis em função da época do ano em que foi realizada a extração do OE, foi verificado diferença na área relativa e ou ainda ausência de alguns compostos em determinadas épocas do ano.

Palavras-chave: *Malus domestica* (Borkh.). Mofo-azul. Odor.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of *Melaleuca alternifolia* (OEM) essential oil, commercial and extracted from leaves, on incidence and severity of rot caused by *Penicillium expansum*, as well as on the post-harvest quality of 'Fuji' apples and to identify the OEM profile. For the chemical analysis of essential oils samples of oils extracted from leaves collected at different times (spring, summer, winter and autumn) and commercial oil were used, the volatile profile was characterized by gas chromatography coupled with mass spectrometry. In vivo experiments were carried out to evaluate the effect of the OEM, extracted and commercial, on the quality of the fruit and control of blue mold in 'Fuji' apples, in ambient conditions and cold storage. The evaluated treatments were (0, 50, 99 and 254 $\mu\text{L L}^{-1}$) of the essential oil (OE) extracted, and (0, 50, 82 and 274 $\mu\text{L L}^{-1}$) of the commercial OE for the experiment in ambient conditions. And of (0, 43, 85 and 124 $\mu\text{L L}^{-1}$) of the extracted OE, and of (0, 49, 78 and 126 $\mu\text{L L}^{-1}$) of the commercial OE for in cold storage, applied by vaporization. The fruits inoculated with *P. expansum* were evaluated for rot severity. Uninoculated fruits were evaluated for pulp firmness, soluble solids, titratable acidity, skin color, respiration and ethylene production rates, total phenolic compounds, peroxidase enzyme activity and volatile compounds profile. In ambient conditions, the extracted and commercial OEM provided an increase in the ethylene production rate, while the extracted OEM presented fruits with higher *C* values and less firm fruits. The commercial OEM interfered in the increase in the respiratory rate, decreased the values of *L** and titratable acidity of the fruits. In the cold storage experiment, the application of extracted and commercial OEM, decreased the ethylene production rate and respiratory rate, in all applied doses, decreased the values of *L** and *C* and reduced the firmness of the fruits, the commercial OEM caused reduction in chroma values. Both OEM (extracted, commercial) showed a reduction in the severity of blue mold, in all doses applied. Regarding the aromatic compounds of the fruits, it was identified that the application of the OEM in all dosages, interfered in the odor of the fruit, decreasing the relative area or still inhibiting the main compounds characteristic of the aroma of apples in both experiments. It was possible to identify the presence of major OEM compounds in the odor of the treated apples. In relation to the sensory analysis of the fruits, in the refrigerated storage experiment, fruits subjected to treatment with OEM (extracted and commercial) decreased consumer acceptance, both olfactory and purchase preference, and this preference decreases with the increase in the applied dose. In the analysis of the chemical composition of the extracted OEM, he observed that there is a difference in the profile of volatiles depending on the time of year in which the

extraction of the OE was carried out, a difference in the relative area was verified and or even the absence of some compounds at certain times of the year.

Keywords: *Malus domestica* (Borkh.). Blue mold. Odor.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Área de coleta de *Melaleuca alternifolia*, localizadas no Instituto Federal Catarinense- Campus Santa Rosa do Sul.....26
- Figura 2 - Demonstração da área em que foi obtido o material vegetal para a destilação do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia*, e como foi o agrupamento de plantas utilizadas para coleta de material vegetal de cada repetição.....27
- Figura 3 - Taxa de produção de etileno ($\text{nmol kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$), em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporizado de OE extraído (verão), nas doses de 0, 50, 99, 254 $\mu\text{L L}^{-1}$ de **(A)** e de 0, 50, 82, 274 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 1 **(B)** e mantidas em condições ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$) por um período de sete dias. Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.....41
- Figura 4 - Taxa respiratória ($\text{nmol kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$), em maçãs ‘Fuji’, submetidas a aplicação por vaporizado de OE comercial 1, nas doses de 0, 50, 82, 274 $\mu\text{L L}^{-1}$ e mantidas em condições ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$) por um período de sete dias. Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.....42
- Figura 5 - Coloração da epiderme de maçãs ‘Fuji’, croma (C) no lado menos vermelho, submetidas a aplicação por vaporizado de OE extraído (verão), nas doses de 0, 50, 99, 254 $\mu\text{L L}^{-1}$. E mantidas em condições ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$) por um período de sete dias. Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.....43
- Figura 6 - Firmeza de polpa (N), em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporizado de OE extraído (verão), nas doses de 0, 50, 99, 254 $\mu\text{L L}^{-1}$ e mantidas em condição ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$) por um período de sete dias. Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.....44
- Figura 7 - Acidez titulável (%), em maçãs ‘Fuji’, submetidas a aplicação de vaporizado de OE comercial 1, nas doses de 0, 50, 82, 274 $\mu\text{L L}^{-1}$ e mantidas em condição ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$) por um período de sete dias. Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.....45
- Figura 8 - Etileno ($\text{nmol kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$), em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 $\mu\text{L L}^{-1}$ **(A)** e de 0, 49, 78, 126 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 2 **(B)** e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias ($0\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente

	(23±1°C /UR de 65±5%). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.	47
Figura 9 -	Respiração (nmol kg ⁻¹ s ⁻¹), em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 µL L ⁻¹ (A) e de 0, 49, 78, 126 µL L ⁻¹ de OE comercial 2 (B) e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias (0±1°C/UR de 90±5%) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente (23±1°C /UR de 65±5%). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.	48
Figura 10 -	Coloração de epiderme lightness (L*) região menos vermelho; em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 µL L ⁻¹ e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias (0±1°C/UR de 90±5%) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente (23±1°C /UR de 65±5%). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.	49
Figura 11 -	Coloração de epiderme croma (C) região menos vermelho em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE comercial 2, nas doses 0, 49, 78, 126 µL L ⁻¹ e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias (0±1°C/UR de 90±5%) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente (23±1°C /UR de 65±5%). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.	50
Figura 12 -	Firmeza de polpa (N) em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 µL L ⁻¹ (A) e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias (0±1°C/UR de 90±5%) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente (23±1°C /UR de 65±5%). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.	51
Figura 13 -	Peroxidase em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 µL L ⁻¹ e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias (0±1°C/UR de 90±5%) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente (23±1°C /UR de 65±5%). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.	53
Figura 14 -	Análise sensorial de maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 µL L ⁻¹ (A) e de 0, 49, 78, 126 µL L ⁻¹ de OE comercial 2 (B) e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias	

($0\pm 1^{\circ}\text{C}$ /UR de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente ($23\pm 1^{\circ}\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019. 54

Figura 15 - Preferência dos consumidores na compra de maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 $\mu\text{L L}^{-1}$ (**A**) e de 0, 49, 78, 126 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 2 (**B**) e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$ /UR de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente ($23\pm 1^{\circ}\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019. 56

Figura 16 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para a severidade do mofo-azul em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporizado de OE extraído (verão), nas doses de 0, 50, 99, 254 $\mu\text{L L}^{-1}$ de (**A**) e de 0, 50, 82, 274 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 1 (**B**) e mantidas em condições ambiente ($23\pm 1^{\circ}\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$) por um período de sete dias. Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019. 58

Figura 17 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para a severidade de mofo-azul em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 $\mu\text{L L}^{-1}$ (**A**) e de 0, 49, 78, 126 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 2 (**B**) e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias ($0\pm 1^{\circ}\text{C}$ /UR de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente ($23\pm 1^{\circ}\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019. 59

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Perfil de compostos voláteis do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia*, extraídos nas quatro estações do ano comparados a dois OEs comerciais. Ano 2019..... 38
- Tabela 2 - Perfil de compostos voláteis em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporizado de OE extraído (verão), nas doses de 0, 50, 99, 254 $\mu\text{L L}^{-1}$ e de 0, 50, 82, 274 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 1, e mantidas em condições ambiente, por um período de sete dias ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$). Safra 2018/2019.61
- Tabela 3 - Perfil de compostos voláteis em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporizado de OE extraído (outono), nas doses de 0, 43, 85, 124 $\mu\text{L L}^{-1}$ e de 0, 49, 78, 126 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 2, e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias ($0\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$). Safra 2018/2019. 63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AT	Acidez titulável
(h°)	Ângulo hue
AACPD	Área abaixo da curva de progresso da doença
CTF	Compostos fenólicos totais
C	Croma
C ₂ H ₄	Etileno
EDTA	Etilenodiaminotetracético
CO ₂	Gás carbônico
g	Gramma
°Brix	Grau Brix
°C	Graus celsius
NaOH	Hidróxido de sódio
L*	Lightness
L	Litro
m	Metro
µL	Micro litro
mg	Mili grama
mL	Mililitro
mm	Milímetro
mM	Milimolar
min	Minuto
nm	Nanômetro
ηmol	Nano mol
N	Newton
OE	Óleo essencial
OEs	Óleos essenciais
OEM	Óleo essencial de <i>Melaleuca alternifolia</i>
ppm	Parte por milhão
POD	Peroxidase
kg	Quilograma
rpm	Rotação por minuto

SS	Sólidos solúveis
UR	Umidade relativa
v/v	Volume por volume

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	CULTURA DA MAÇÃ:	20
2.2	<i>Penicillium expansum</i> :.....	21
2.3	ÓLEOS ESSENCIAIS.....	22
2.4	ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Melaleuca alternifolia</i>	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	AValiação DO PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS EM ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Melaleuca alternifolia</i>	26
3.1.1	Material botânico	26
3.1.2	Destilação do óleo essencial	27
3.1.3	Análise do perfil de compostos voláteis do óleo essencial	27
3.2	PODRIDÃO POR <i>Penicillium expansum</i> E QUALIDADE DE MAÇÃS ‘FUJI’ EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Melaleuca Alternifolia</i> . 28	
3.2.1	Experimento em condições ambiente.....	29
3.2.2	Experimento em armazenamento refrigerado.....	29
3.3	ANÁLISE DE QUALIDADE DOS FRUTOS	30
3.4	COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS (CFT)	31
3.4.1	Preparação das amostras	31
3.4.2	Obtenção dos extratos para quantificação de CFC.....	31
3.4.3	Determinação do conteúdo de CFT na polpa e na casca	32
3.5	ATIVIDADE ENZIMÁTICA PEROXIDASE (POD).....	32
3.6	ANÁLISE SENSORIAL	33
3.7	SEVERIDADE DE MOFO-AZUL	34
3.8	ANÁLISE DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DOS FRUTOS	35
3.9	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1	ANÁLISE DO PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS EM ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Melaleuca alternifolia</i>	36

4.2.1	Temperatura ambiente	40
4.2.1.1	<i>Taxas de produção de etileno, respiratória e qualidade dos frutos em temperatura ambiente</i>	40
4.1.1.2	<i>Compostos fenólicos totais (CFT) e atividade enzimática peroxidase (POD).....</i>	45
4.2.2	Armazenamento refrigerado	46
4.2.2.1	<i>Taxas de produção de etileno, respiratória e qualidade dos frutos em armazenamento refrigerado.....</i>	46
4.1.2.2	<i>Compostos fenólicos totais (CFT) e atividade enzimática peroxidase (POD).....</i>	52
4.2.2.4	<i>Análise Sensorial.....</i>	53
4.3	SEVERIDADE DE PODRIDÃO MOFO-AZUL	57
4.3.1	Temperatura ambiente	57
4.3.2	Armazenamento refrigerado	58
4.4	ANÁLISE DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DOS FRUTOS.....	60
5	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS.....	66
	ANEXO A – QUESTIONÁRIO ANÁLISE SENSORIAL	74

1 INTRODUÇÃO

A maçã (*Malus domestica* Borkh) é a segunda fruta de clima temperado mais produzida no Brasil, cuja produção está concentrada em quatro estados: Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo. Santa Catarina e Rio Grande do Sul são os maiores produtores brasileiros, representando mais de 95% da produção total, sendo que apenas Santa Catarina responde por 59% da produção nacional (MATTEI; BITTENCOURT, 2019). Grande parte dessa produção fica armazenada durante o ano, e neste período ocorrem muitas perdas, causadas principalmente por podridões pós-colheita (FACHINELLO et al., 2011).

As maçãs ‘Fuji’ apresentam grande susceptibilidade a podridões podendo chegar até 23% após a retirada da câmara (ARGENTA et al., 2015). O mofo-azul é umas das podridões mais importantes no cultivo da maçã, estando presente em praticamente todas as regiões produtoras de maçã no mundo. A contaminação dos frutos pode ocorrer ainda no campo ou no seu manuseio pós-colheita, e sua ocorrência durante o armazenamento acaba por resultar em perdas quantitativas (DAROLT, 2016).

Para o controle dessa e de outras doenças são utilizados fungicidas sintéticos de amplo espectro de atuação, que, por muito tempo, foram muito eficazes, mas, com o passar dos anos, alguns acabaram ocasionando seleção de fungos resistentes (SHAO et al., 2013; ROMANAZZI et al., 2016). Este fator, aliado ao aumento da preocupação dos consumidores com o meio ambiente, faz com que se procure soluções e métodos alternativos, que sejam mais seguros, viáveis e eficientes no controle dos fitopatógenos (SILVA et al., 2010).

Os óleos essenciais (OEs) apresentam potencial para controle de doenças em plantas, e vários autores demonstraram a eficiência destes na redução do crescimento micelial de fungos fitopatogênicos. Os OEs podem ser ativos contra um amplo espectro de espécies de microrganismos, porém as concentrações mínimas inibitórias podem variar de acordo com o fitopatógeno (ANTUNES; CAVACO, 2010) e da espécie vegetal de onde foi extraído o OE (VIEIRA, 2016). O mecanismo de ação dos OEs como fungicidas ainda não está bem esclarecido, mas a sua eficácia está relacionada com a antagonismo de diferentes compostos químicos que compõem o mesmo (BANANI et al., 2018).

A composição química do óleo essencial (OE) relaciona-se com a concentração de metabólitos secundários nas plantas, que é controlada por aspectos genéticos e pelas interações entre o genótipo/ambiente (SILVA et al., 2010). Outros fatores também são importantes para a composição do OE, tais como, luz, água, temperatura, nutrientes, idade da planta, estágio de

desenvolvimento, ponto de colheita e processo de secagem da matéria-prima entre outros (OLIVEIRA et al., 2012).

O óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* é conhecido e muito estudado devido a sua ação antimicrobiana, resultante da combinação dos seus compostos individuais, podendo ocorrer modificações na sua composição devido a sua localização geográfica, condições ambientais e ecológicas. Os principais compostos encontrados na maioria das espécies de *Melaleuca* são 1,8-cineol, terpinen-4-ol, terpinoleno, α -terpineno, γ -terpineno e álcoois sesquiterpenos (SHARIFI-RAD et al., 2017).

Os OEs são constituídos, de diversos componentes químicos que, em conjunto, conferem propriedades antioxidantes, antimicrobianas, antifúngicas e inseticidas, apresentando boa capacidade de controlar o crescimento de uma ampla variedade de microrganismos, apresentando baixa toxidez (BAKKALI et al., 2008; CHOUHAN; SHARMA; GULERIA, 2017). Constitui-se em uma alternativa interessante para o controle tanto do mofo-azul, como para outras doenças pós-colheita.

A qualidade do OEM é determinada pelas concentrações dos compostos terpinen-4-ol, 1,8-cineol, que devem ser de no mínimo 30% para terpinen-4-ol e no máximo de 15% de 1,8-cineol, devido sua propriedade irritante (CARSON; RILEY, 1995; CASTELO et al., 2013). A alteração dos compostos majoritários nos OEs, seja por fatores bióticos ou abióticos, pode influenciar diretamente nos resultados de testes sobre os fitopatógenos (MORAIS, 2020).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (OEM), comercial e extraído de folhas, sobre incidência e severidade de podridões causadas por *Penicillium expansum*, bem como sobre a qualidade pós-colheita de maçãs 'Fuji' e identificar o perfil do OEM.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTURA DA MAÇÃ:

No agronegócio catarinense a maçã ocupa um lugar de destaque, com cerca de 2.990 produtores, que produzem, como variedades principais, as cultivares Gala e Fuji (EPAGRI, 2020). A produção está em crescimento e, na safra 2016/2017, atingiu uma produtividade de 623.926,60 toneladas, com um rendimento médio de 40.972,60 kg ha⁻¹ (EPAGRI, 2019).

O desperdício de alimentos ocorre em todas as fases da cadeia alimentar, sendo 28% realizada pelos consumidores, 28% na produção, 17% no mercado e distribuição, 22% durante o manejo e armazenamento e 6% no processamento. No Brasil, a fome afeta a 14 milhões de pessoas, no processo de venda de alimentos o país desperdiça 22 bilhões de calorias, o que seria suficiente para satisfazer as necessidades de 11 milhões de pessoas e permitiria a redução da fome em níveis inferiores de 5%. As frutas, de maneira geral, apresentam uma vida útil reduzida quando comparados a outros produtos agrícolas tais como grãos e cereais, devido ao elevado teor de umidade que possuem, são produtos que apresentam perdas na produção devido ao manuseio incorreto, que ocorre desde a colheita até chegar ao consumidor final (FAO, 2020).

As perdas podem ser ocasionadas por distúrbios fisiológicos, acondicionamento indevido, senescência, danos mecânicos e pela ocorrência de podridões (FACHINELLO et al., 2011). O processo de deterioração dos frutos por podridões ocorre por doenças que acometem os frutos em pós-colheita, podendo ser oriundas de infecções latentes, que ocorreram nos frutos ainda no pomar, ou por infecções originárias de ferimentos decorrentes do manuseio durante a colheita (OGOSHI et al., 2019).

A produção concentrada de maçã em um curto período do ano faz com que seja necessário o armazenamento de grande parte da produção com o objetivo de ofertar frutos com qualidade ao longo do ano, na entressafra. Para isso se fazem necessários procedimentos adequados de manuseio e armazenagem, de forma a evitar ou minimizar perdas pós-colheita, especialmente aquelas causadas por fungos patogênicos (BEKELE et al., 2016; LI et al., 2017).

As maçãs 'Fuji', quando armazenadas por longos períodos, podem apresentar mais de 6% de perdas por podridões na abertura da câmara fria, e esses valores podem chegar a 23%, após 7 dias em temperatura ambiente, durante a comercialização (ARGENTA et al., 2015).

2.2 *Penicillium expansum*:

Os fungos são microrganismos causadores de doenças em pós-colheita, o que acaba causando a deterioração dos frutos. A sua colonização no fruto ocasiona diversos danos, tais como manchas e podridões, que diminuem a qualidade do fruto, provocando assim mudanças visuais, de sabor e firmeza dos frutos, tornando-os não aptos ao consumo (OLIVEIRA et al., 2015).

Um dos gêneros causadores de doenças é o *Penicillium*, este gênero é composto de diversas espécies e algumas destas são responsáveis pela deterioração de frutos e vegetais, este fungo possui diversos hospedeiros entre eles maçãs, peras, nectarinas, pêssegos, morangos entre outros (ERRAMPALLI, 2014). É um fungo que acomete os frutos na fase de pós-colheita, podendo em alguns casos produzir micotoxinas, como a patulina, que é produzido por todos os isolados de *P. expansum* (FRISVAD; SAMSON, 2004; PITT; HOCKING, 2013). As micotoxinas representam ameaça à saúde pública, pois podem causar sintomas crônicos e agudos em humanos e animais, incluindo vômitos, perdas na reprodução, redução de crescimento e imunossupressão. Além disso, são responsáveis por perdas financeiras significativas nas indústrias de alimentos, que armazenam, produzem e processam frutas e seus derivados (ERRAMPALLI, 2014).

O *Penicillium expansum* é um fungo que ocorre mundialmente, estando presente em muitos habitats de solo, onde geralmente é encontrado no material de decomposição nos pomares. A penetração do fungo no fruto ocorre a partir de ferimentos ou abertura naturais, pois é incapaz de atravessar a cutícula do fruto. A contaminação pode ocorrer ainda no campo, podendo ficar latente e apresentar os sintomas somente no armazenamento (MONDINO et al., 2009; ERRAMPALLI, 2014). A germinação dos esporos é a etapa inicial para os fungos infectarem o hospedeiro, os conídios requerem O₂ reduzido, ambiente úmido na ferida recente e fonte metabolizável de compostos orgânicos ou secreções naturais dos hospedeiros para se desenvolverem (ERRAMPALLI, 2014).

Este fungo é o agente causador da doença conhecida como mofo-azul ou podridão mole. Esta podridão apresenta desenvolvimento rápido, no início da lesão apresenta coloração castanha clara, após apresenta esporulação esbranquiçada e com a evolução da doença conídios de cor azulada. A lesão apresenta consistência aquosa e macia, o tecido apresenta uma margem bem definida, entre o tecido doente e o saudável, sendo que essas características, associadas ao odor de mofo nas frutas deterioradas, indicam o diagnóstico de mofo-azul (VAN DER WALT

et. al., 2010; GAO et al., 2013). Trata-se de uma das principais doenças que acometem a maçã na fase de pós-colheita. A contaminação dos frutos ocorre ainda no campo, mas geralmente os sintomas começam a aparecer durante o período de armazenamento, comprometendo a comercialização dos frutos (DAROLT, 2016). Argenta et al. (2017) avaliaram podridões em maçãs cultivares Gala e Fuji, coletadas em câmaras de armazenamento comercial, sob atmosfera controlada, e constataram a presença do mofo-azul com incidência de 27,5% na cultivar Gala e 24,6% na cultivar Fuji.

A incidência de podridões causadas por *Penicillium expansum* durante o armazenamento causa um impacto econômico na cadeia produtiva da maçã devido as perdas que ocorrem. A aplicação de fungicidas pós-colheita, ou de tratamentos alternativos mais sustentáveis, são estratégias que contribuem para minimizar este problema (OGOSHI et al., 2019).

2.3 ÓLEOS ESSENCIAIS

As propriedades medicinais das plantas têm recebido cada vez mais atenção devido aos benefícios dos fitoquímicos que as constituem, e seus efeitos sobre a saúde humana. As plantas sintetizam compostos biologicamente ativos, que são produtos do metabolismo secundário e estão relacionados com a interação da planta com o ambiente (CORRÊA JÚNIOR et al., 1994; CHOUHAN; SHARMA; GULERIA, 2017).

Os extratos e óleos essenciais apresentam propriedades antibacteriana, antifúngica, antiparasitária, ação inseticida e atividade antioxidante, podendo ser fonte de novos compostos antimicrobianos, para conservar alimentos e ainda tratar de doenças infecciosas (ASTANI, REICHLING, SCHNITZLER. 2009; SAFAEI-GHOMI, AHD, 2010).

OEs são obtidos da destilação de material vegetal de flores, folhas, galhos, frutos, casca, semente, e constituídos por diversos compostos voláteis, podem, possuem fragrância geralmente agradável e intensa na maioria dos óleos, são menos densos e mais viscosos que a água em temperatura ambiente (DEVI et al., 2010; NAVARRETE et al., 2011). São constituídos por vários compostos, com concentrações muito variáveis, e geralmente apresentam cerca de dois ou três componentes majoritários, que em sua maioria encontram-se em altas concentrações. A quantidade dos compostos varia dependendo da espécie da planta, assim como a parte utilizada para obtenção do OE. Essas substâncias são derivadas de terpenos, ésteres, hidrocarbonetos, álcoois, compostos fenólicos, aldeídos, cetonas, fenóis, óxidos,

peróxidos, lactonas, cumarinas e compostos com enxofre (GILLES et al., 2010; SILVEIRA et al., 2012; CHOUHAN; SHARMA; GULERIA, 2017). A exploração da atividade biológica desses compostos pode contribuir e apresentar potencial para o controle de doenças em plantas cultivadas. Os OEs apresentam efeitos positivos no controle de doença em plantas, que podem estar relacionados com as propriedades antimicrobianas e fungistáticas do OE (BRUM et al., 2014).

Na área de pós-colheita existem diversas pesquisas com produtos alternativos como opção a utilização de fungicidas sintéticos, de modo a reduzir os potenciais danos à saúde humana e ao meio ambiente. Neste cenário, os metabólitos produzidos pelas plantas se apresentam como alternativa promissora, devido a diversidade das classes de compostos produzidos (CABRAL et al., 2013).

Os OEs têm demonstrado boa capacidade em controlar o crescimento de uma ampla variedade de microrganismos. Atualmente os OEs apresentam destaque devido as suas propriedades antimicrobianas e por apresentarem uma alternativa sustentável ao meio ambiente é muito utilizado nas áreas farmacêutica, nutricional e agrícola, por apresentarem baixa toxidez. Muitos desses OE já são reconhecidos como seguros pelo Food and Drug Administration (FDA) para uso em produtos de consumo humano, sendo uma alternativa promissora para o controle tanto do mofo-azul como outras doenças pós-colheita (BAKKALI et al., 2008; LANG; BUCHBAUER, 2011; PRAKASH et al., 2015).

A ação antimicrobiana dos OE, no controle de doenças, depende de vários fatores, como a natureza química dos seus componentes, a dose aplicada, tempo de exposição, métodos utilizados na aplicação e a interação com outras substâncias (ROCHA NETO et al., 2019). Diversos óleos apresentam-se efetivos, reduzindo ou inibindo o crescimento de fitopatógenos, dentre eles óleo essencial de melaleuca, limão, gengibre, copaíba e manjerição, no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* (RAMOS; ANDREANI JUNIOR; KOZUSNY- ANDREANI, 2016), pitanga, melaleuca, guaçatonga, sobre *Botrytis cinerea* em uvas (GARCIA et al, 2019), alecrim, melaleuca, canela, citronela, cravo, anis estrelado, palmarosa e vetiver, sobre o crescimento de *P. expansum* em maçãs ‘Fuji’ (VIEIRA et al., 2018; ROCHA NETO et al., 2019).

2.4 ÓLEO ESSENCIAL DE *Melaleuca alternifolia*

A melaleuca é uma árvore nativa da Austrália, com ocorrência natural na região costeira ao norte de Nova Gales do Sul. Nesta região concentram-se os principais produtores de OE, sendo os principais fornecedores em nível mundial. É uma árvore da família da Myrtaceae, que pode chegar até 5 metros de altura. O gênero *Melaleuca* compreende mais de 250 espécies, sendo que a *Melaleuca alternifolia*, possui casca fina, semelhante a folhas de papel, apresenta coroa espessa, suas folhas são sésseis, alternadas e dispostas em espiral, ao redor da ráquis, com florescimento ocorrendo no final da primavera e início do verão (RIELD, 1997; DE GROOT; SCHMIDT, 2016).

É uma planta aromática, de crescimento rápido, que apresenta grande interesse econômico devido à presença de óleo volátil armazenado no seu tecido foliar. Este é muito utilizado por indústrias farmacêuticas, de cosméticos, limpeza, alimentos, sendo utilizado em praticamente todo o mundo (CASTRO et al., 2005; MARTINS et al., 2011). A longa história de uso da planta e a importância medicinal que ela apresenta, é devido as propriedades bactericidas, antiviral, anti-inflamatória, anestésica, inseticida, acaricida e fungicida contra uma ampla variedade de patógenos (RIELD, 1997; MARKHAM, 1999; DE GROOT; SCHMIDT, 2016). O OEM é extraído das folhas, ramos, caule e ramificações, através da destilação, que pode ser feita por hidrodestilação ou arraste de vapor (MARTINS et al., 2011; GÓMEZ-RINCÓN; LANGA et.al., 2014).

O OEM apresenta coloração amarelo pálido transparente, odor de cânfora, com rendimento que varia de 1,0% a 1,8%. Como o óleo essencial está inserido e estabelecido no mercado, muitas análises foram feitas para determinar o padrão de qualidade ideal para sua comercialização (CASTELO et al., 2013), e a ISO 4730:2004, fornece os padrões de qualidade do óleo de OEM, devendo o OE possuir concentrações mínima e máxima dos principais compostos dentro de especificações predeterminadas [terpinen-4-ol (30% - 48,0%), 1,8-cineol (máximo de 15%), γ -terpineno (10% - 28,0%), α -terpineno (5,0% - 13%), α -Terpineol (1,5% - 8,0%) e p-cymeno (0,5% - 8,0%)] (CARSON; RILEY, 1995; DE GROOT; SCHMIDT, 2016). Os teores dos metabólitos secundários presentes no OE podem sofrer variação devido a fatores genéticos, ou ainda pela interação entre o genótipo e ambiente (SILVA et al., 2002). Porém, também podem ser influenciados pela época, horário de colheita e modo de secagem do material vegetal, que será utilizado como matéria-prima (SILVA; CASELI, 2000).

O efeito do OEM foi constatado por diversos estudos, demonstrando a sua eficácia sobre patógenos em pós-colheita (CHENG; SHAO, 2011; EBANI et al., 2018; JOBLING, 2018). OEs possuem a característica de serem hidrofóbicos, permitindo que interajam com a membrana plasmática dos fungos. Podendo romper as estruturas da membrana, ou ainda alterar a sua permeabilidade. O OEM demonstrou causar danos a parede celular dos conídios de *P. expansum*, e interagir com a membrana plasmática, rompendo a camada lipídica, extravasando glicose, proteína e DNA (PÉREZ-AFONSO et al., 2012; ROCHA NETO et al., 2019).

Alves et al. (2019) identificaram que o OEM inibiu totalmente o crescimento micelial de *Alternaria alternata* em tratamento em *in vitro*, apresentando efeito semelhante ao fungicida comercial Thiran. Martins et al. (2011) verificaram que o OE impediu o desenvolvimento dos fungos fitopatogênicos de *Alternaria alternata*, *Macrophomina phaseolina* e *Sclerotinia sclerotiorum*. Chidi; Bouhoudan; Khaddor (2020) constataram que o OEM inibiu completamente o crescimento de *Penicillium verrucosum* e *Penicillium griseofulvum in vitro*, na pós-colheita de uva desidratada e em lentilha. Cruz et al. (2015) observaram que, com a aplicação do OEM *in vivo* em maçã ‘Fuji’, ocasionou menor incidência e diminuiu a severidade causada da podridão causada por *Penicillium expansum*, apresentando uma alternativa econômica e ecologicamente viável de controle de doenças de plantas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 AVALIAÇÃO DO PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS EM ÓLEO ESSENCIAL DE *Melaleuca alternifolia*

3.1.1 Material botânico

O material botânico foi retirado da planta *Melaleuca alternifolia* (Figura 1), que foram coletadas no Instituto Federal Catarinense, localizado no município de Santa Rosa do Sul (SC), com coordenadas, a 29° 08' 15" de latitude Sul e 49° 42' 45" de longitude oeste.

As coletas foram realizadas nos meses de fevereiro (amostra de verão), maio (outono), agosto (inverno) e novembro (primavera), no período da manhã. Após as coletas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e encaminhados ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita do CAV/UEDESC, para secagem, desfolha e extração do OE.

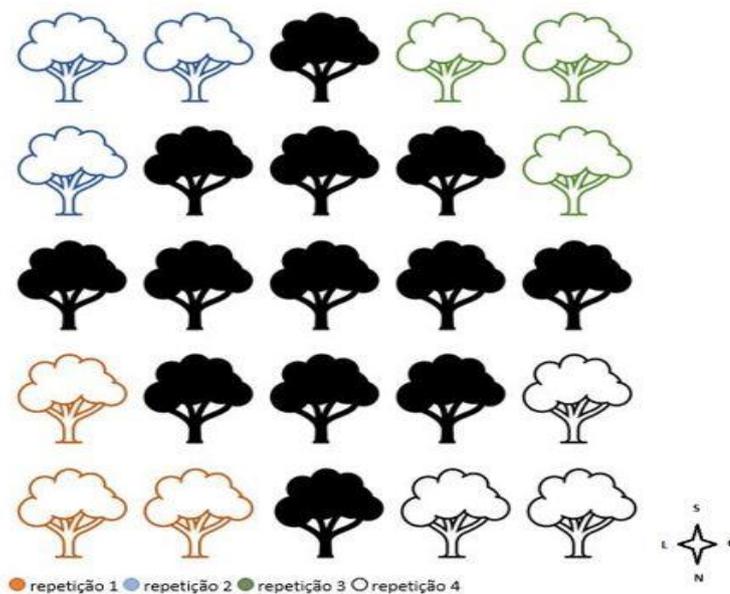
Cada coleta foi composta de quatro repetições, cada repetição composta por material vegetal de três árvores próximas (Figura 2), sendo que cada repetição estava localizada em um ponto extremo do bosque de melaleucas. As repetições foram compostas de aproximadamente 1 kg de folhas secas para destilação do OE.

Figura 1- Área de coleta de *Melaleuca alternifolia*, localizadas no Instituto Federal Catarinense- Campus Santa Rosa do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 2 - Demonstração da área em que foi obtido o material vegetal para a destilação do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia*, e como foi o agrupamento de plantas utilizadas para coleta de material vegetal de cada repetição.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

3.1.2 Destilação do óleo essencial

Os galhos da melaleuca foram secos naturalmente em ambiente controlado ($23 \pm 2^\circ\text{C}$ /UR de $65 \pm 5\%$) por um período de sete dias. Após este período foi realizada a desfolha e extração do OE por meio de destilação por arraste de vapor, em destilador de OE (Solab, modelo SL-76, Brasil). O processo de destilação foi realizado na temperatura de 115°C e durou 2 horas após verificar a saída das primeiras gotas de OE. Após esse período, o OE foi separado do hidrolato, e armazenado em recipientes de vidro de 20 mL (âmbar), mantidos em local escuro e em temperatura ambiente até a realização da análise de perfil de compostos voláteis.

3.1.3 Análise do perfil de compostos voláteis do óleo essencial

Para o isolamento dos compostos voláteis do óleo essencial, foi utilizado 1 mL de cada amostra de óleo essencial, acondicionado em vial de 40 mL com *headspace* para leitura em cromatógrafo gasoso (Perkin Elmer, modelo Clarus 680, EUA) acoplado ao espectrômetro de massas (Perkin Elmer, modelo Clarus SQ8S, EUA). A amostra permaneceu em equilíbrio em banho maria a $30 \pm 1,0^\circ\text{C}$, durante 30 min, sendo constantemente agitada por uma barra

magnética dentro do vial. Após foi realizada a coleta dos voláteis do espaço livre de cada vial com o auxílio de uma seringa (Sigma-Adrich, série A gas Syringe, EUA), e injetada no cromatógrafo. O tempo total da corrida foi de 37 min, com temperatura inicial do forno foi de 50°C durante 2 min e uma rampa de aquecimento a uma taxa de 2°C min⁻¹ até a temperatura máxima de 120°C, após 15°C min⁻¹ até a temperatura de 250 °C que foi mantida por 1 minuto. A temperatura no injetor e detector foi de 250 °C. O gás hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,0 mL min⁻¹.

A identificação dos compostos foi baseada na própria biblioteca do cromatógrafo, que indicava a probabilidade da similaridade do composto da amostra com os dados contidos no software.

3.2 PODRIDÃO POR *Penicillium expansum* E QUALIDADE DE MAÇÃS 'FUJI' EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Melaleuca Alternifolia*

As maçãs da cultivar 'Fuji', utilizadas nos experimentos, foram colhidas em pomar comercial do município de Vacaria, RS (28° 30' 44" de latitude sul e 50° 56' 02" de latitude oeste), na safra 2018/2019, e transportados ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita do CAV/UEDESC.

Os frutos foram analisados, logo após a colheita, quanto aos atributos de maturação índices de iodo-amido (1-5), cor vermelha (0-100), firmeza de polpa, textura (forças para a ruptura da casca e da polpa), sólidos solúveis, acidez titulável, cor de fundo da epiderme [(h°), lightness (L*) e croma (C)] e taxas respiratória e de produção de etileno.

Os frutos foram padronizados por tamanho, cor, ausência de infecções aparentes e danos mecânicos, e após foram desinfestados em uma solução de hipoclorito de sódio (1,5%), durante 3 minutos. Após, foram lavados com água para retirada do resíduo da solução e permaneceram em temperatura ambiente (23±1°C) até secagem.

Após estarem secos os frutos foram separados em unidades amostrais compostas por 15 frutos e realizadas duas perfurações (2 mm de diâmetro com 4 mm de profundidade), em cada fruto, na região equatorial, com auxílio de um texturômetro eletrônico TAXT-plus® (Stable Micro Systems Ltd, Surrey, Reino Unido), equipado com ponteira de 2 mm de diâmetro. Em cada orifício foi realizada a inoculação com 10 µL de solução de esporos (10⁻⁶ esporos mL⁻¹) de *Penicillium expansum*, isolado de maçã sintomática com mofo-azul. O fungo foi preservado e armazenado na coleção de micologia do Laboratório de Fitopatologia do CAV/UEDESC.

Anterior a sua utilização, o isolado foi cultivado e mantido em placas de Petry, contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA), acrescido de antibiótico (200 mg L⁻¹ de sulfato de estreptomicina). O processo de desinfestação e plaqueamento foi realizado em ambiente asséptico em câmara de fluxo laminar. As placas contendo o inóculo foram incubadas em câmara de crescimento na temperatura de 25 ± 2°C e fotoperíodo de 12 horas durante sete dias. A solução de esporos foi preparada a partir de colônias puras de *P. expansum* com 7 dias de idade, composta de esporos de *Penicillium*, água destilada e Tween, calibrado com auxílio de câmara de Neubauer para a concentração final desejada.

3.2.1 Experimento em condições ambiente

Os frutos foram acondicionados em recipiente cilíndrico hermético, de plástico, com volume de 80 litros, e expostos a aplicação de OEM por vaporização, através de (G-TECH, modelo NEBBCOM V, Brasil) por um período de 24 horas. As doses aplicadas foram de (0, 50, 99 e 254 µL L⁻¹) do OE extraído (verão), e de (0, 50, 82 e 274 µL L⁻¹) do OE comercial 1, onde cada tratamento foi constituído de 4 repetições, compostos de 15 frutos inoculados com *Penicillium expansum*, e de 4 repetições compostas de 15 frutos não inoculados.

Os frutos permaneceram em temperatura ambiente (23±1°C/UR de 65±5%) por um período de 7 dias, onde os frutos inoculados foram avaliados quanto a severidade de podridão, através de medições diárias da lesão no fruto. O restante dos frutos, não inoculados, foram avaliados após os 7 dias em condições ambiente a produção de etileno, taxas respiratórias, cor de fundo da epiderme [ângulo *hue* (*h*^o), *lightness* (L*) e *croma* (C)], firmeza de polpa, acidez titulável, sólidos solúveis, conteúdo de compostos fenólicos totais, atividade da enzima peroxidase (POD), e perfil de compostos voláteis (aroma).

3.2.2 Experimento em armazenamento refrigerado

Os frutos foram acondicionados em recipiente cilíndrico hermético, de plástico, com volume de 80 litros, e expostos a aplicação de OEM por vaporização, através de nebulizadores (G-TECH, modelo NEBBCOM V, Brasil) por um período de 24 horas. As doses aplicadas foram de (0, 43, 85 e 124 µL L⁻¹) do OE extraído (outono), e de (0, 49, 78 e 126 µL L⁻¹) do OE comercial 2, onde cada tratamento foi constituído de 4 repetições, compostos de 15 frutos

inoculados com *Penicillium expansum*, e de 4 repetições compostas de 15 frutos não inoculados.

Os frutos permaneceram armazenados por um período de 30 dias em atmosfera refrigerada ($0,5\pm 0,2^{\circ}\text{C}/\text{UR}$ de $90\pm 5\%$), após a saída da câmara os frutos inoculados foram avaliados dia sim, dia não, avaliados quanto a severidade de podridão, através de medições diárias da lesão no fruto. O restante dos frutos, não inoculados, foram avaliados após os 7 dias em condições ambiente ($23\pm 1^{\circ}\text{C}/\text{UR}$ de $65\pm 5\%$) a produção de etileno, taxas respiratórias, cor de fundo da epiderme [ângulo *hue* (h°), lightness (L^*) e croma (C)], firmeza de polpa, acidez titulável, sólidos solúveis, conteúdo de compostos fenólicos totais, atividade da enzima peroxidase (POD) e perfil de compostos voláteis (aroma).

3.3 ANÁLISE DE QUALIDADE DOS FRUTOS

As taxas de produção de etileno ($\eta\text{mol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e respiratórias ($\eta\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) foram quantificadas por analisador de gases e cromatografia gasosa. Frutos de cada repetição foram acondicionados em recipientes de 4,1 L, com fechamento hermético. As taxas respiratórias e de produção de etileno foram obtidas pela concentração de CO_2 e C_2H_4 , respectivamente, presentes no interior do recipiente, depois de meia hora do fechamento deste. Para a taxa de produção de etileno, com a utilização de uma seringa plástica de 1,0 mL foram coletadas três amostras da atmosfera do espaço livre destes recipientes, as quais foram injetadas em cromatógrafo a gás (PerkinElmer®, modelo Clarus 580, EUA), equipado com uma coluna Porapak N® de 3 m de comprimento (80-100 mesh) e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector e do injetor foram de 90; 240; e 120°C , respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70; 45 e 450 mL min^{-1} , respectivamente. A taxa respiratória ($\eta\text{mol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$), foi avaliada após 30 minutos de fechamento dos recipientes com os frutos, a concentração de CO_2 acumulada foi determinada com analisador automático de gases (O_2 e CO_2) (Shelle®, ROHS 2005/95 EC, Alemanha).

A cor de fundo da epiderme foi avaliada em termos de valores de lightness (L^*), croma (C) e ângulo '*hue*' (h°), com o auxílio de um colorímetro (modelo CR 400, Konica Minolta, Japão). As leituras foram realizadas na região equatorial dos frutos.

A firmeza de polpa (N) foi determinada na região equatorial dos frutos, em duas superfícies opostas, após a remoção de uma pequena porção da epiderme, com auxílio de um

penetrômetro eletrônico (GÜSS Manufacturing Ltd, África do Sul), equipado com ponteira de 11 mm de diâmetro.

Os valores de AT (% ácido málico 100 mL de suco) foram obtidos através de uma amostra de 5 mL de suco, obtido pelo processamento dos frutos em uma centrífuga. Essa amostra foi diluída em 45 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1N até pH 8,1, utilizando titulador automático modelo (TitroLine® Easy, Schott Instruments, Mainz, Rheinland-Pfalz, Alemanha).

Os teores de sólidos solúveis (°Brix) foram determinados em um refratômetro digital (modelo PR201 α , marca Atago®, Japão), utilizando uma alíquota do suco obtido pelo processamento dos frutos.

3.4 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS (CFT)

3.4.1 Preparação das amostras

Para obtenção das amostras foram retiradas as cascas de toda superfície distal do fruto, removida com uma lâmina cortante (1 mm de espessura). A amostra de polpa foi retirada por meio de uma fatia longitudinal, de cerca de 1 centímetro, da porção mediana da região distal do fruto, descartando a região do endocarpo e conservando cada lado da fatia.

Imediatamente após as amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em ultrafreezer (Thermo Scientific, 900 Series, EUA). As amostras de polpa foram processadas com triturador vertical (Philips Walita, RI1364, Brasil) e as amostras de casca foram maceradas em almofariz com nitrogênio líquido.

3.4.2 Obtenção dos extratos para quantificação de CFC

Para a obtenção dos extratos da polpa foram utilizadas, 5 g de polpa. E para os extratos de casca foram utilizados 1 g de casca. As amostras foram colocadas em um tubo Falcon (Zollstr, Suíça), adicionando-se 10 mL de metanol/água destilada (50:50, v/v), com posterior homogeneização em ultraturrax, modelo (SilentCruscher M, marca Heidolph, Alemanha), e repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. Após, as amostras foram centrifugadas a 15.000 rpm por 15 minutos a 4°C, em uma centrífuga refrigerada (modelo CR22N, marca Hitachi, Japão). O sobrenadante foi filtrado em balão volumétrico de 25 mL e ao resíduo da

primeira extração, foram adicionados 10 mL de acetona/água destilada (70:30, v/v), com posterior homogeneização e repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. As amostras foram submetidas à nova centrifugação nas mesmas condições. O sobrenadante foi transferido para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante e o volume foi completado para 25 mL com água destilada. Os extratos foram reservados para análise de CFT.

3.4.3 Determinação do conteúdo de CFT na polpa e na casca

Para a análise do conteúdo de CFT foi utilizado o método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu modificado (Sigma-Aldrich, Cotia, Brasil). A curva padrão foi obtida com ácido gálico (BIOTEC, Pinhais, Brasil), nas concentrações de 0, 10, 30, 50, 70, 90, 100 $\mu\text{L L}^{-1}$. Para análise foram adicionados 5 g de polpa para análise da polpa e 1 g de casca para análise da casca diluídos, 0,5 mL de Folin-Ciocalteu/água destilada (1:3), 0,5 mL de amostra e 2,0 mL da solução de carbonato de sódio (Cinética, Jandira, Brasil) 10%. Os tubos foram agitados em vortex (modelo AV-2, marca Gehaka, Brasil) incubados por uma hora em ausência de luz. Realizou-se a leitura no comprimento de onda (λ) de 765 nm em leitora de microplacas (modelo EnSpire, marca PerkinElmer, EUA). Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g de massa fresca da amostra (mg EAG.100 g⁻¹).

3.5 ATIVIDADE ENZIMÁTICA PEROXIDASE (POD)

Todas as etapas necessárias ao processo de determinação da atividade enzimática foram executadas a 4°C. A atividade da enzima POD foi determinada conforme método descrito por Hammerschmidt, Nuckles e Kuć (1982), com modificações.

Desta forma, em 0,5 g da amostra fresca (já macerado em nitrogênio líquido) foi adicionado 5 mL de tampão de fosfato de potássio (Vetec, Duque de Caxias, Brasil), 0,100 M (pH 7,0) contendo 1mM de polivinilpirrolidona insolúvel (PVPP) (Vetec, Duque de Caxias, Brasil) e 1 mM de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) (Synth, Diadema, Brasil) para cada 100 mL de tampão, homogeneizado em (ultra-turrax modelo SilentCruscher M, marca Heidolph, Alemanha) por 1 minuto e adicionado 0,1% de triton (v/v) (Vetec, Duque de Caxias, Brasil).

O extrato foi mantido em repouso por 15 min a 8°C e após centrifugado a 12.000 rpm por 10 min a 4°C em centrifuga modelo CR22N, marca Hitachi, 0,30 mL do sobrenadante foi

usado para ensaio enzimático. Imediatamente após a adição de 2,7 mL de uma mistura reacional contendo tampão fosfato de potássio (Vetec, Rio de Janeiro, Brasil): guaiacol: H₂O₂ (5 mL: 0,0125 mL: 0,0163mL) (Vetec, Rio de Janeiro, Brasil), foi definida a atividade enzimática como o aumento da absorbância por minuto a 470 nm e o resultado foi expresso em DO/mg de proteínas /minuto.

3.6 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita do CAV/UDESC. Para a realização da análise sensorial, foram separados 5 frutos de cada tratamento, colocados em um recipiente de 4,1 L que foram mantidos abertos sobre a bancada e identificados com um código. A análise foi realizada por 21 participantes, não treinados, do núcleo de estudo, onde cada participante recebeu um questionário (Anexo A), que foi preenchido com as preferências olfativas/visual, e com a preferência de compra por cada produto. As escalas hedônicas utilizadas foram:

Preferência olfativa/visual:

- 1=desgostou muitíssimo;
- 2=desgostou muito;
- 3=desgostou;
- 4=não gostou/nem desgostou;
- 5=gostou;
- 6=gostou muito;
- 7=gostou muitíssimo.

Preferência de compra:

- 1= nunca compraria;
- 2= compraria raramente;
- 3=compraria ocasionalmente;
- 4=compraria frequentemente;
- 5=compraria sempre.

3.7 SEVERIDADE DE MOFO-AZUL

A severidade do mofo-azul sobre os frutos foi medida com auxílio de uma régua plástica transparente milimetrada, medindo-se o diâmetro maior e menor das lesões, e realizada a média das medições para obter o diâmetro médio das lesões.

As medidas das lesões foram realizadas por seis dias nos frutos que foram submetidos aos tratamentos e que permaneceram em temperatura ambiente. Para os frutos que foram inoculados, submetidos aos tratamentos e mantidos em armazenamento refrigerado pelo período de 30 dias, as medidas das lesões foram realizadas após a retirada dos frutos do armazenamento refrigerado (saída da câmara) e por mais 5 dias de manutenção dos frutos em condições ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$).

Durante as avaliações os frutos permaneceram em condição ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ UR de $65\pm 5\%$) sob a bancada do laboratório, acondicionada em bandejas.

Os dados de incidência e severidade de podridão mofo-azul obtidos foram utilizados para cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença. (AACPD).

A AACPDs foi determinada com a fórmula:

$$\text{AACPDs} = \sum [(S_i + S_{i+1})/2 \cdot (T_{i+1} - T_i)]$$

Onde, AACPDs = área abaixo da curva de progresso da doença, severidade; S_i = severidade da doença, diâmetro médio da lesão iésima observação; S_{i+1} = severidade da doença, diâmetro médio da lesão na avaliação $i + 1$; T_i = tempo em dias da iésima observação; T_{i+1} = dias da avaliação $i + 1$. A S_i foi calculada com a soma dos diâmetros médios das lesões, dividida pelo total de ferimentos dos frutos.

Para a área abaixo da curva de progresso da doença de incidência (AACPD_i), foi utilizada a mesma fórmula, no entanto, ao invés da severidade S_i , se teve a incidência I , obtida pela fórmula:

$$I = (N_i / N_t) \cdot 100$$

Onde, I = incidência em %; N_i = número de frutos/inoculações com lesões dos patógenos; N_t = número total de frutos/inoculações.

3.8 ANÁLISE DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DOS FRUTOS

As amostras ficaram armazenadas em freezer até a realização das análises. Para o isolamento dos compostos voláteis utilizou-se a solução de 1 g da polpa, 1 g de cloreto de sódio (Anidrol, Diadema, Brasil), 5 mL de água ultrapura, acondicionada em vial de 40 mL (Agilent Technologies, Alemanha), com *head space* para leitura em cromatógrafo gasoso marca PerkinElmer, modelo Clarus 680 GC acoplado ao espectrômetro de massas. A amostra permaneceu em equilíbrio, em banho maria a $30 \pm 1,0^\circ\text{C}$, por 30 min. Em seguida, a fibra 50/30 μm DVB/CAR/PDMS Metal alloy/Metal alloy 1 cm Gray/plain foi exposta no vial por 15 min e depois injetada no cromatógrafo, com tempo de dessorção de 5 min. O tempo total da corrida foi de 47 min, com temperatura inicial do forno foi de 50°C durante 2 min e uma rampa de aquecimento a uma taxa de 2°C min^{-1} até a temperatura máxima de 120°C , após $15^\circ\text{C min}^{-1}$ até a temperatura de 250°C que foi mantida por 1 minuto. A temperatura no injetor e detector foi de 250°C . O gás hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de $1,0 \text{ mL min}^{-1}$.

A identificação dos compostos foi baseada na própria biblioteca do cromatógrafo, que indicava a probabilidade da similaridade do composto da amostra com os dados contidos no software.

3.9 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos a análise de variância, utilizando o software Assistat, e as médias dos tratamentos submetidos a análise de regressão, exceto para análise de compostos fenólicos que foi submetida a correlação. Os gráficos foram feitos com o software SigmaPlot 11.0

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DO PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS EM ÓLEO ESSENCIAL DE *Melaleuca alternifolia*

Os OEs são misturas complexas que podem conter vários compostos com diferentes concentrações. São caracterizados por dois ou três principais componentes com elevadas concentrações em comparação a outros componentes presente em pequenas concentrações (BAKKALI et al., 2008). Através da análise de composição química do OEM, identificou-se a presença de 25 componentes em quantidade variada, dentre estes, seis são considerados os principais compostos do OEM (terpinen-4-ol, 1,8-cineol, γ -terpineno, α -terpineno, α -terpineol, ρ -cimeno) atuando de forma antagônica. Como os OEs estão estabelecidos no mercado, é necessário análises e protocolos que determinem padrões de qualidade destes. A ISSO 4730:2004, fornece os padrões de qualidade para o OEM, devendo o OE possuir concentrações mínimas e máximas dos principais compostos, terpine-4-ol (30%-48%), 1,8-cineol (máxima de 15%), γ -terpineno (10%-28%), α -terpineno (5%-13%), α -terpineol (1%-8%), ρ -cimeno (0,5%-8,0%) (CARSON; RILEY, 1995; DE GROOT; SCHIMIDT, 2016). Neste trabalho, porém foram utilizadas as áreas relativas e não a porcentagem dos compostos, e foi possível identificar que os seis compostos principais, apresentaram diferenças em sua área relativa, ou até mesmo a ausência de algum destes compostos, assim também ocorreu com outros compostos, dependendo da época do ano em que foram coletados e extraídos.

OEM extraído na primavera sem a presença de floração, foi identificado a presença dos seis principais compostos terpinen-4-ol (11,77%), 1,8-cineol (3,81%), γ -terpineno (13,55%), α -terpineno (5,98%), α -terpineol (0,70%), ρ -cimeno (17,94%) de área relativa. No OE extraído na primavera em floração, foi verificado a presença de cinco dos principais compostos, o terpinen-4-ol (17,30%), 1,8-cineol (22,40%), γ -terpineno (0,77%), α -terpineol (0,50%), ρ -cimeno (3,11%). Para o OE extraído no verão foram observados a presença de quatro compostos principais, terpinen-4-ol (15,86%), 1,8-cineol (2,08%), γ -terpineno (11,01%), α -terpineol (0,56%). No outono foram identificados os seis compostos terpinen-4-ol (16,28%), 1,8-cineol (12,93 %), γ -terpineno (17,41 %), α -terpineno (20,44%), α -terpineol (0,57%), ρ -cimeno (0,25%). No inverno foram encontradas as seguintes áreas relativas terpinen-4-ol (15,33%), 1,8-cineol (2,73%), γ -terpineno (2,85%), α -terpineno (14,50%), α -terpineol (0,88%), ρ -cimeno (0,04%). Em relação ao OE comercial 1 foi observado a presença de cinco compostos, e suas

áreas relativas foram terpinen-4-ol (16,28%), 1,8-cineol (4,32%), γ -terpineno (8,87%), α -terpineno (6,86%), α -terpineol (0,56%). Em análise do OE comercial 2, foram encontrados os valores, terpinen-4-ol (15,71%), 1,8-cineol (1,30%), γ -terpineno (20,24%), α -terpineno (19,05%), α -terpineol (0,51%), p-cimeno (14,38%). (Tabela 1).

Os resultados obtidos demonstram que apenas os compostos terpinen-4-ol, 1,8-cineol, γ -terpineno e α -terpineol estiveram presentes durante todas as épocas de coleta e nos dois OEs comerciais. A maior área relativa para terpinen-4-ol foi identificada, na primavera durante a floração. Para o composto 1,8-cineol os menores valores encontrados foram no verão, e no OE comercial 2. Os valores destes e de outros compostos comprovam que existe a influência da época de coleta na qualidade do OE. Também demonstra que mesmo os OEs comerciais apresentam variações na composição e nos valores de área relativa. As diferenças encontradas entre os OEs, estão relacionadas a fatores de sazonalidade, condições climáticas, parte da planta, assim como temperatura e método de extração. Chidi; Bouhoudan; Khaddor (2020) também observaram no OEM extraído por hidrodestilação da parte aérea da planta, valores baixos, para o composto terpinen-4-ol, foi encontrando a concentração de (23,06%). No entanto, Lemos et al. (2012) apresentaram resultados contrários, o OEM extraído por hidrodestilação, apresentando as concentrações, terpinen-4-ol de (46,3%) e 1,8-cineol de (3,2%).

Outro fator que pode ocasionar diferenças entre os OEs de uma mesma espécie são variações químicas intraespecífica distintas em terpenos foliares, que podem ocorrer em populações naturais (VERNET et al. 1986), sendo comum, em muitas plantas australianas da família Myrtaceae, a *Melaleuca alternifolia* um exemplo dessas alterações quimiotípicas de terpenos nas folhas. O quimiotipo rico em terpinen-4-ol é amplamente utilizado medicinalmente e, portanto, muito das pesquisas se restringem a esse quimiotipo (BUTCHER et al. 1994; COX et al. 2001; HAMMER et al. 2006). Keszei; Hassan; Foley (2010) identificaram variações intraespecíficas distintas em plantas de *Melaleuca alternifolia*, sendo, que no estudo, foram identificados 6 quimiotipos, todos anteriormente descritos por Butcher et al. (1994). Dentre estes foram encontrados quimiotipos dominados pelo composto terpinen-4-ol, terpinoleno, ou ainda 1,8-cineol. Trabalhos dos autores corroboram com os encontrados, demonstrando que existem quimiotipos diversos em uma mesma espécie, com compostos e quantidades variados.

Tabela 1 - Perfil de compostos voláteis do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia*, extraídos nas quatro estações do ano comparados a dois OEs comerciais. Ano 2019.

(continua)

Composto	Área relativa (%)						
	Primavera		Verão	Outono	Inverno	Comercial	
	sem Flor	com Flor				1	2
Alcenos							
Ciclohexe-no, 1,5,5-trimetil-3- metileno	19,12	-	-	-	7,75	2,64 ± 0,10	-
Terpenos							
Terpinen-4-ol	11,77 ± 2,44	17,30 ± 7,86	15,86 ± 4,00	16,28 ± 0,68	15,33 ± 5,23	16,28 ± 5,32	15,71 ± 3,39
1,8-cineol	3,81 ± 0,22	22,40 ± 9,33	2,08 ± 0,18	12,93 ± 5,39	2,73 ± 0,26	4,32 ± 2,84	1,30 ± 0,76
γ-terpineno	13,55 ± 3,31	0,77 ± 0,35	11,01 ± 3,39	17,41 ± 9,62	2,85 ± 0,97	8,87 ± 1,60	20,24 ± 2,21
α-terpineno	5,98	-	-	20,44	14,50 ± 3,85	6,86 ± 5,68	19,05 ± 1,72
α-terpineol	0,70 ± 0,39	0,50 ± 0,33	0,56 ± 0,17	0,57 ± 0,09	0,88 ± 0,41	0,56 ± 0,13	0,51 ± 0,18
p-cimeno	17,94	3,11	-	0,25	0,04	-	14,38 ± 5,76
Mirceno	2,34 ± 1,60	1,56 ± 0,02	1,40 ± 0,42	17,46 ± 8,64	2,02 ± 1,32	19,57 ± 4,79	18,78 ± 1,35
Ocimeno	72,23	23,81 ± 0,82	42,30 ± 16,32	26,97 ± 4,08	8,42	17,76 ± 0,25	16,42 ± 0,30
3-Caren-2-ol	-	4,54	-	-	0,67	-	0,22 ± 0,06
Álcool perfílico	-	0,48	-	0,65	10,72	1,63 ± 0,25	-
α-felandreno	1,30 ± 0,53	1,08	0,83	1,34 ± 0,75	-	0,38 ± 0,29	0,92 ± 0,08
α-tujeno	2,66 ± 0,70	3,22 ± 0,97	2,97 ± 0,71	3,75 ± 0,56	3,42 ± 2,65	3,63 ± 0,84	2,96 ± 0,47
β-pineno	1,73 ± 0,15	1,80 ± 1,02	1,67 ± 0,28	2,69 ± 0,59	1,81 ± 0,94	3,47 ± 0,49	2,02 ± 0,67

PubChem Compound Summary. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/>. Acesso: dezembro, 2020.
Números sem desvio padrão, foram localizados em apenas uma repetição. Elaboração da autora, 2020.

(conclusão)

Composto	Área relativa (%)						
	Primavera		Verão	Outono	Inverno	Comercial	
	sem Flor	com Flor				1	2
β -terpineno	0,63 \pm 0,37	0,83 \pm 0,58	0,87 \pm 0,32	0,56	0,96	-	21,19 \pm 4,42
Hidrato de sabineno	-	-	-	-	-	11,63 \pm 1,07	1,49 \pm 0,94
Isoterpinoleno	3,13	-	-	-	-	-	-
Limonemo	-	1,27 \pm 0,61	3,82 \pm 1,95	1,78	4,89 \pm 2,11	1,52 \pm 0,30	1,30 \pm 0,76
Linalol	-	0,20	-	-	-	-	-
p-mentatrieno	-	2,49	-	-	-	10,45 \pm 1,20	-
Sabineno	-	-	2,66	-	-	-	0,21 \pm 0,03
α -pineno	1,26	6,26 \pm 2,86	11,88 \pm 3,64	7,11 \pm 3,07	8,90 \pm 4,31	13,80 \pm 3,08	8,74 \pm 0,79
Terpinoleno	5,38 \pm 3,29	9,88 \pm 5,47	3,25 \pm 0,87	16,94 \pm 7,54	5,58 \pm 2,94	5,86 \pm 0,71	23,13 \pm 2,52
Aromaden- dreno	0,13	0,41	-	-	-	0,12 \pm 0,05	-

PubChem Compound Summary. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/>. Acesso: dezembro, 2020. Fonte: Números sem desvio padrão, foram localizados em apenas uma repetição. Elaboração da autora, 2020.

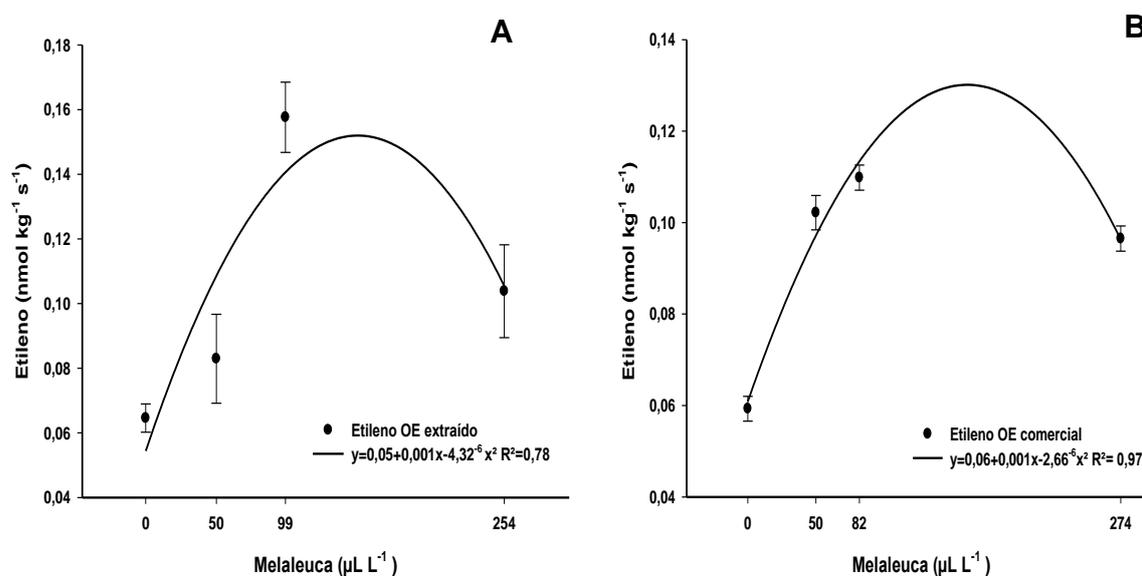
4.2 METABOLISMO E QUALIDADE DE MAÇÃS ‘FUJI’ E CONTROLE DE PODRIDÃO POR *Penicillium expansum*

4.2.1 Temperatura ambiente

4.2.1.1 Taxas de produção de etileno, respiratória e qualidade dos frutos em temperatura ambiente

O tratamento com OEM extraído (verão) causou incremento da taxa de produção de etileno até $150 \mu\text{L L}^{-1}$ com valor da taxa de etileno estimado de $0,15 \text{ nmol kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$, com posterior redução na dose de $254 \mu\text{L L}^{-1}$, porém todos os tratamentos tiveram aumento significativo se comparados ao tratamento controle (Figura 2 A). O mesmo comportamento foi observado quando aplicado OEM comercial 1, com ponto de máxima em $169 \mu\text{L L}^{-1}$, com valor estimado de $0,13 \text{ nmol kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ e posterior redução no valor na dose de $274 \mu\text{L L}^{-1}$ (Figura 2 B). Vieira (2016) observou resultado semelhante quando maçãs foram submetidas ao tratamento com OE de cravo e canela por imersão, apresentando aumento na taxa de produção de etileno em maçãs tratadas. Jhalegar, Sharma e Singh (2015) observaram resultado diferente dos encontrados neste trabalho, pois os autores observaram que frutos de citrus apresentaram redução na taxa de produção de etileno quando submetidos ao tratamento com OE de cravo-da índia. O aumento das taxas de etileno neste trabalho está relacionado com algum dano causado por compostos do OEM. O processo de maturação destes frutos poderia ainda ter sido influenciado pelo OEM, antecipando este processo. A diferença de resultado encontrada na literatura pode estar relacionada a diversos fatores, tais como, o tipo de fruto estudado, visto que a maçã é um fruto climatérico e o citrus não se enquadra nesta categoria, o OE utilizado para o tratamento e ainda a forma de aplicação do OE.

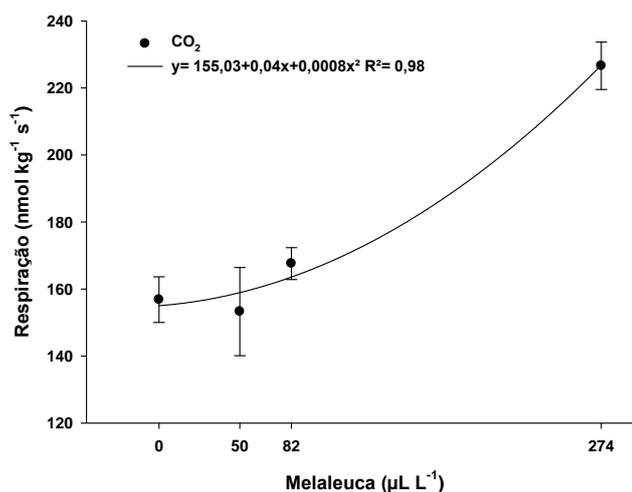
Figura 3 - Taxa de produção de etileno ($\text{nmol kg}^{-1} \text{s}^{-1}$), em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporizado de OE extraído (verão), nas doses de 0, 50, 99, 254 $\mu\text{L L}^{-1}$ de (A) e de 0, 50, 82, 274 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 1 (B) e mantidas em condições ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$) por um período de sete dias. Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.



Barras verticais correspondem o erro padrão da média. R^2 : coeficiente de determinação. Fonte: elaboração da própria autora, 2020.

As diferentes doses de OEM extraído (verão) não influenciaram a taxa respiratória dos frutos (dados não apresentados). Quando os frutos foram tratados com OEM comercial 1 obtiveram um leve decréscimo na taxa respiratória na dose de $50 \mu\text{L L}^{-1}$, seguido de valores crescentes até a dosagem de $274 \mu\text{L L}^{-1}$ (Figura 3). A taxa respiratória é um índice de medição para garantir o potencial de armazenamento e vida útil do fruto e está diretamente relacionada ao estágio de maturação do fruto. Jhalegar, Sharma e Singh (2015) encontraram resultados semelhantes em tangerinas inoculadas com *P. italicum* e *P. digitatum* e tratadas com OE de capim-limão, eucalipto, nim (azadiractina) e cravo (eugenol), onde os frutos apresentaram aumento na respiração. O aumento da taxa respiratória está relacionado ao aumento da taxa metabólica dos frutos, sendo desencadeado por danos causados pelo OE nas estruturas celulares do fruto (ESPÍNDOLA, 2017).

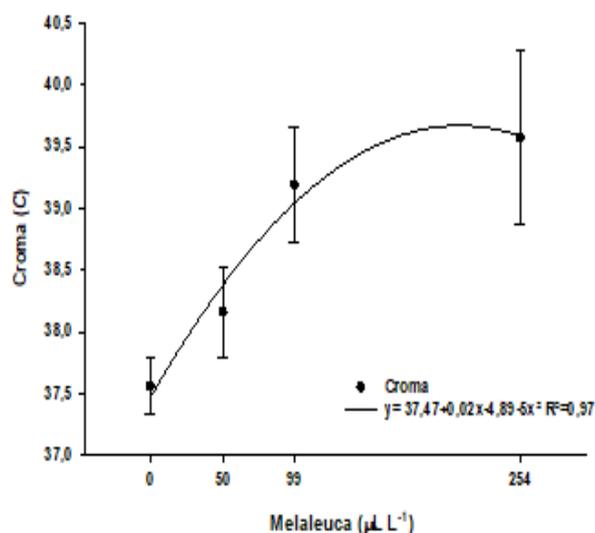
Figura 4 - Taxa respiratória ($\text{nmol kg}^{-1} \text{s}^{-1}$), em maçãs ‘Fuji’, submetidas a aplicação por vaporizado de OE comercial 1, nas doses de 0, 50, 82, 274 $\mu\text{L L}^{-1}$ e mantidas em condições ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$) por um período de sete dias. Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.



Barras verticais correspondem o erro padrão da média. R^2 : coeficiente de determinação. Fonte: elaboração da própria autora, 2020.

Os frutos submetidos a aplicação do OEM extraído (verão) apresentaram, na região na região menos vermelho, maiores valores para C , na dose de $204 \mu\text{L L}^{-1}$ (Figura 4). As demais variáveis de cor, não apresentaram diferenças entre as doses de OEM extraído (verão) (dados não apresentados). Marino (2020), identificou resultados contrastantes aos do presente trabalho, onde morangos submetidos ao OE de alecrim apresentaram frutos com menores valores de C em relação ao tratamento controle, apresentando frutos mais opacos. As alterações na coloração de frutos, descritas na literatura e neste trabalho estão relacionadas a composição química do OE utilizado no tratamento dos frutos.

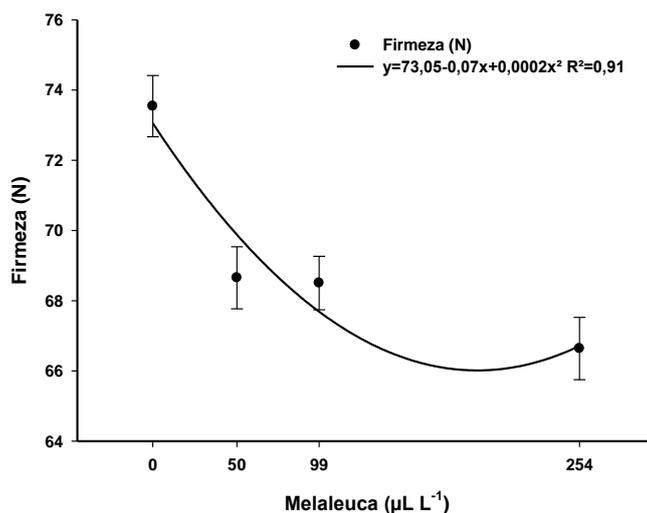
Figura 5 - Coloração da epiderme de maçãs ‘Fuji’, croma (C) no lado menos vermelho, submetidas a aplicação por vaporizado de OE extraído (verão), nas doses de 0, 50, 99, 254 $\mu\text{L L}^{-1}$. E mantidas em condições ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$) por um período de sete dias. Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.



Barras verticais correspondem o erro padrão da média. R^2 : coeficiente de determinação. Fonte: elaboração da própria autora, 2020.

A firmeza de polpa dos frutos reduziu quando aplicado OEM extraído (verão) até a dose estimada de $175 \mu\text{L L}^{-1}$, apresentando firmeza de polpa de $66,9 \text{ N}$ (Figura 5). A aplicação de diferentes doses de OEM comercial 1 não influenciou a firmeza de polpa (dados não apresentados). A perda da firmeza de polpa está relacionada ao aumento da taxa respiratória e de produção de etileno, que foi observado nos frutos submetidos a aplicação de OEM extraído (verão). É possível que a exposição dos frutos aos compostos presentes no OEM tenha intensificado a degradação dos componentes da parede celular do fruto. Espíndola (2017) também constatou a perda de 73% firmeza de polpa em pêsegos submetidos ao tratamento de OE eucalipto na dosagem de $1.000 \mu\text{L L}^{-1}$. Jahani et al. (2020) também observaram, em romãs tratadas com OE eucalipto e de gálbano, redução na firmeza dos frutos. Porém, Shao et al. (2013) observaram em morangos resultados contrários ao deste trabalho com a aplicação do OEM, ocorrendo maior firmeza de polpa nos frutos tratados. Os trabalhos evidenciam que os resultados podem ser influenciados pelo tipo de fruto, dosagem, modo de aplicação e principalmente o tipo de OE, visto que este pode sofrer divergências em sua composição e na quantidade dos compostos encontrados.

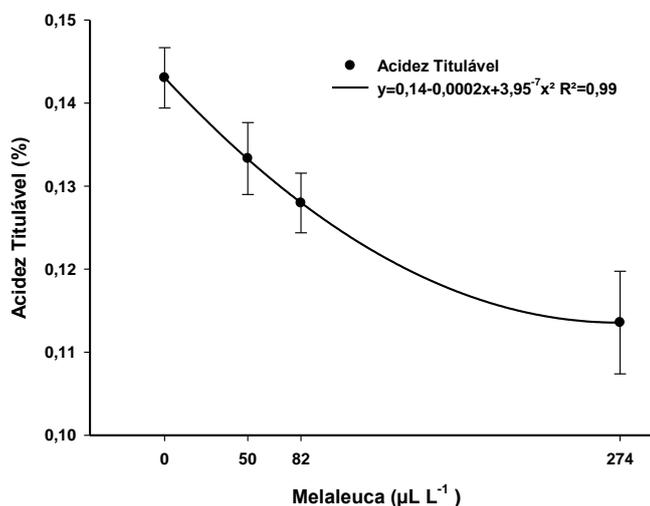
Figura 6 - Firmeza de polpa (N), em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporizado de OE extraído (verão), nas doses de 0, 50, 99, 254 $\mu\text{L L}^{-1}$ e mantidas e condição ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$) por um período de sete dias. Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019



Barras verticais correspondem o erro padrão da média. R^2 : coeficiente de determinação. Fonte: elaboração da própria autora, 2020.

Frutos submetidos a aplicação de OEM extraído (verão) não apresentaram diferenças significativas para valores de acidez titulável (dados não apresentados). Frutos submetidos a aplicação do OEM comercial 1 apresentaram redução da acidez titulável com o aumento das doses aplicadas até a dose de $253 \mu\text{L L}^{-1}$ (Figura 6). O decréscimo nos valores de acidez titulável pode ser reflexo da maior atividade respiratória, uma vez que os ácidos orgânicos são substratos da respiração celular (CASTILLO et al., 2014). O mesmo comportamento nos resultados de acidez titulável foi identificado por Shao et al. (2013), que identificaram a diminuição da acidez titulável em morangos submetidos ao tratamento com OEM. Garcia et al. (2019), em uvas ‘Rubi’, também obtiveram redução da acidez titulável com a aplicação do OEM. Os dados encontrados pelos autores corroboram com os resultados obtidos neste trabalho. Os teores de sólidos solúveis não apresentaram diferenças entre o controle e as doses de OEM extraído (verão) e comercial 1 (dados não apresentados).

Figura 7 - Acidez titulável (%), em maçãs ‘Fuji’, submetidas a aplicação de vaporizado de OE comercial 1, nas doses de 0, 50, 82, 274 $\mu\text{L L}^{-1}$ e mantidas em condição ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$) por um período de sete dias. Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019



Barras verticais correspondem o erro padrão da média. R²: coeficiente de determinação.
Fonte: elaboração da própria autora, 2020.

4.1.1.2 Compostos fenólicos totais (CFT) e atividade enzimática peroxidase (POD)

No experimento em temperatura ambiente não foi observado correlação entre CFT (casca e polpa) com a severidade de mofo-azul nas maçãs ‘Fuji’, tanto com OEM extraído (verão) e OEM comercial 1 (dados não apresentados). Shehata et al. (2020) relatou maior teor de fenóis totais em morangos tratados com OE de tangerina, limão e laranja, em comparação com os que não receberam tratamento. Estes resultados divergentes podem estar relacionados a forma de aplicação do OE, pois no trabalho do autor os frutos foram mergulhados em uma emulsão, composta de OE, água destilada e Tween 80, bem como ao tipo de OE e espécie de fruto.

Neste trabalho não foi observado diferença estatística para a atividade da POD entre os tratamentos aplicados, tanto para análise de casca quanto para análise de polpa dos frutos, em ambos os OEM (extraído verão e comercial 1) (dados não apresentados). Perumal et al. (2017) encontraram dados discordantes em mangas tratadas com OE de tomilho na dosagem de $66,7 \mu\text{L L}^{-1}$, que apresentaram maior atividade da POD. Os dados mencionados acima sugerem que

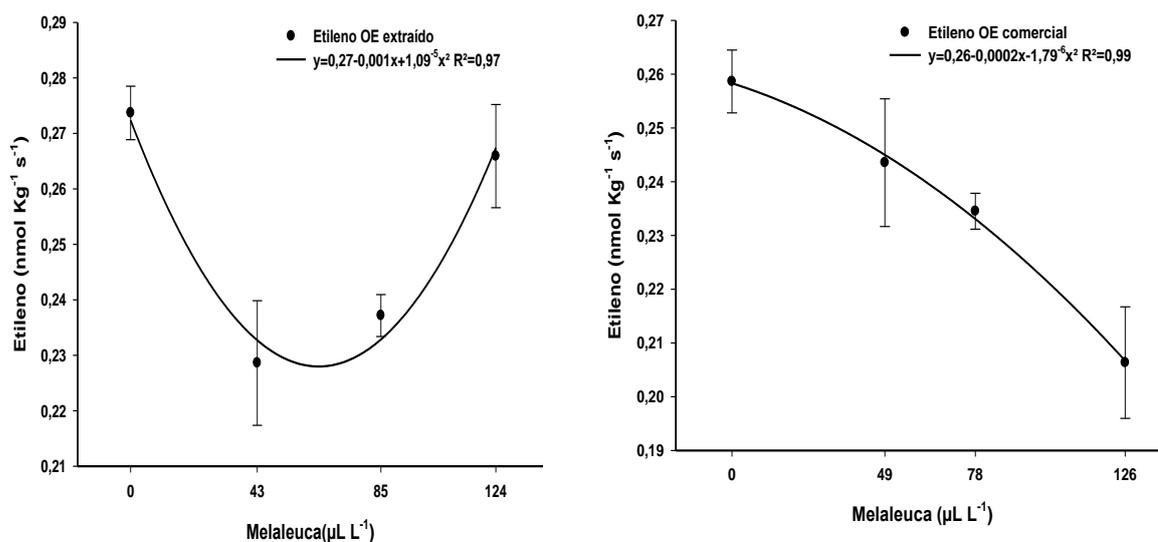
diferentes espécies frutíferas, respondem de forma distinta aos tratamentos, apresentando resultados variados, isto está relacionado ao método de aplicação e OE utilizado.

4.2.2 Armazenamento refrigerado

4.2.2.1 Taxas de produção de etileno, respiratória e qualidade dos frutos em armazenamento refrigerado

No experimento sob refrigeração a taxa de produção de etileno, com a aplicação do OE extraído (outono), apresentou redução na taxa até a dose estimada de $64 \mu\text{L L}^{-1}$, com posterior aumento gradativo nas demais doses aplicadas (Figura 7 A). O OE comercial 2 proporcionou um decréscimo gradativo na taxa de produção de etileno em maçãs ‘Fuji’ com o incremento na dose aplicada (Figura 7 B). Rabbany e Mizutani (1996) também observaram que maçãs tratadas com citronelal, alfa-pineno, beta-pineno obtiveram taxas de etileno reduzidas nos frutos. Pérez-Alfonso et al. (2012) também identificaram redução da produção etileno em limões que foram tratados com OE de orégano e tomilho, devido ao aumento nas concentrações de cravacol e timol. Espíndola (2017) verificou que pêssegos tratados por fumigação com OE de citronela e de eucalipto apresentaram leve declínio nas taxas de produção de etileno, voltando ter um incremento com a maior dose aplicada, resultados que está de acordo com os encontrados neste trabalho. Jhalegar, Sharma e Singh (2015) identificaram que tangerinas tratadas com OE de capim-limão, eucalipto, cravo apresentaram aumento na taxa de produção de etileno nos frutos durante o período de armazenamento refrigerado, porém observam um decréscimo em seus valores em relação aos frutos não tratados. A redução ou aumento nas taxas de produção de etileno podem estar relacionadas a forma de aplicação, doses aplicadas e a variação da composição que pode ocorrer em OE de uma mesma espécie (VARUGHESE et al., 2016).

Figura 8 - Etileno ($\text{nmol kg}^{-1} \text{s}^{-1}$), em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 $\mu\text{L L}^{-1}$ (A) e de 0, 49, 78, 126 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 2 (B) e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias ($0\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $65\pm 5\%$). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.

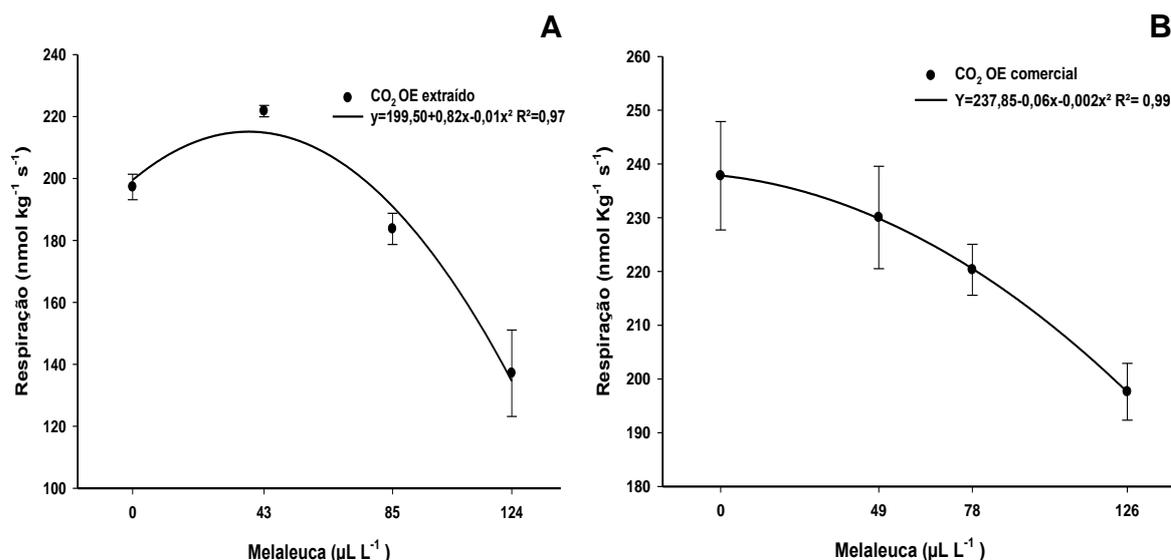


Barras verticais correspondem o erro padrão da média. R^2 : coeficiente de determinação.

Fonte: elaboração da própria autora, 2020.

Em relação a taxa respiratória dos frutos, no experimento com aplicação do OEM extraído (outono), observou-se um aumento da taxa respiratória até a dose estimada de 41 $\mu\text{L L}^{-1}$, ocorrendo um declínio acentuado nas dosagens maiores de OEM, com menor taxa respiratória ($137,13 \text{ nmol kg}^{-1} \text{s}^{-1}$) na dose de 124 $\mu\text{L L}^{-1}$ (Figura 8 A). Com OEM comercial 2 foi identificado a diminuição da taxa respiratória dos frutos com o incremento nas doses de OEM, com valores encontrados entre 237,80 a 197,62 $\text{nmol kg}^{-1} \text{s}^{-1}$, sendo a menor taxa respiratória no tratamento com 126 $\mu\text{L L}^{-1}$ (Figura 8 B). Fakhar; Mostofi; Zamani (2014) observaram, em ameixas, que a aplicação de OE de *Ocimum basilicum* resultou na diminuição da respiração, o que está de acordo com os resultados do presente trabalho. Shehata et al (2020) também verificaram a redução da respiração em morango com OE de limão, laranja e tangerina. Nikkhah e Hashemi (2020) identificaram o mesmo resultado dos autores, indicando que o tratamento com a mistura de OEs de tomilho, canela e alecrim e a mistura de tomilho com canela, em *Ziziphus jujuba* Mill, reduziu a taxa respiratória dos frutos durante o período de armazenamento.

Figura 9 - Respiração ($\text{nmol kg}^{-1} \text{s}^{-1}$), em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 $\mu\text{L L}^{-1}$ (A) e de 0, 49, 78, 126 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 2 (B) e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias ($0\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.



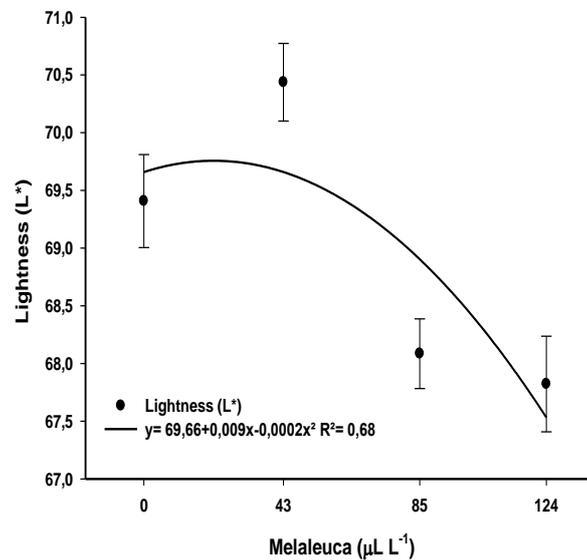
Barras verticais correspondem o erro padrão da média. R²: coeficiente de determinação.

Fonte: elaboração da própria autora, 2020.

Com a aplicação do OEM extraído (outono) foi observado, na região menos vermelha das maçãs, um incremento nos valores de L^* até a dose estimada de $22 \mu\text{L L}^{-1}$, com posterior redução nas demais doses aplicadas (Figura 9). Aplicando OEM comercial 2, foi observado que na região menos vermelha dos frutos, os valores de croma foram inferiores em relação ao tratamento controle (Figura 10). Wang (2003) observou também que framboesas submetidas ao tratamento com OEM apresentaram uma diminuição nos valores de L^* , obtendo frutos mais escuros. Serrano et al. (2005) identificaram que cerejas tratadas com eugenol (99,5% de pureza) também apresentaram diminuição nos valores de C após 13º dia de armazenamento a frio. Porém, frutos tratados com timol e mentol (99,5% de pureza) apresentaram redução do croma já após 9 dias. Com a aplicação de eucaliptol (99,5% de pureza) a redução do C iniciou a partir de 6 dias de armazenamento, causando os menores valores de C em cerejas tratadas. Os dados observados anteriormente, indicam que os OEs podem interferir na coloração dos frutos e dependendo do OE utilizado este processo pode ocorrer de forma mais rápida ou tardia,

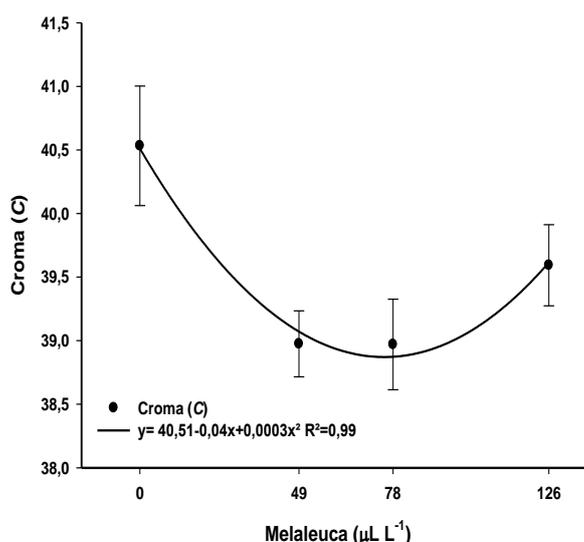
sugerindo que exista influência de compostos específicos neste processo ou ainda seja influenciado pela concentração destes no OE.

Figura 10 - Coloração de epiderme lightness (L*) região menos vermelho; em maçãs 'Fuji' submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 $\mu\text{L L}^{-1}$ e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias ($0\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $65\pm 5\%$). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.



Barras verticais correspondem o erro padrão da média. R²: coeficiente de determinação.
Fonte: elaboração da própria autora, 2020.

Figura 11 - Coloração de epiderme croma (C) região menos vermelho em maçãs 'Fuji' submetidas a aplicação por vaporização de OE comercial 2, nas doses 0, 49, 78, 126 $\mu\text{L L}^{-1}$ e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias ($0\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $65\pm 5\%$). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.



Barras verticais correspondem o erro padrão da média. R^2 : coeficiente de determinação.

Fonte: elaboração da própria autora, 2020.

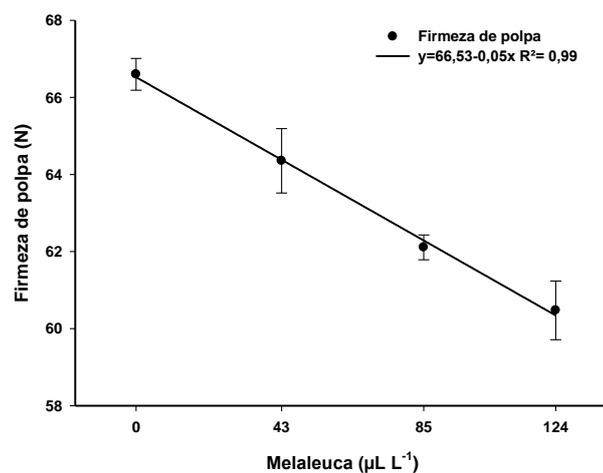
Os frutos submetidos a aplicação de OEM extraído (outono) apresentaram redução na firmeza de polpa com o incremento na dose aplicada, variando de 66,6 a 60,5 N (Figura 11). A aplicação de diferentes doses de OEM comercial 2 não influenciou estatisticamente na firmeza dos frutos (dados não apresentados). A firmeza de polpa é um dos principais atributos que são determinantes para a qualidade do fruto, capacidade de armazenamento e de tempo de comercialização (CASTILLO et al., 2014; SUN et al., 2014). Shehata et al. (2020) também observaram a redução da firmeza de polpa em morangos, quando submetidos a aplicação por imersão dos OE de limão, laranja e tangerina. Castillo et al. (2014), por outro lado, identificaram que limões tratados com película de cera incorporada com timol e cravacol apresentaram atraso no amolecimento dos frutos, em relação ao tratamento controle. A perda de firmeza de polpa dos frutos está relacionada aos processos metabólicos responsáveis pelas mudanças texturais, causando o amadurecimento e amolecimento dos frutos (VALERO; SERRANO, 2010). A diversidade de dados encontrados a respeito da firmeza de polpa dos frutos, neste trabalho e na

literatura, quando submetidos a aplicação de OEs, pode estar relacionada aos diferentes compostos e a sua porcentagem na composição do OE.

A diferença nos dados encontrados neste trabalho, em frutos tratados com OEM (extraído e comercial 2) e submetidos a armazenamento refrigerado, pode estar relacionada a composição do OEM, mas especificamente ao composto 1,8-cineol. Sendo que este composto possui propriedades altamente tóxicas e irritantes em concentrações elevadas (OLIVEIRA, 2019). No OEM extraído (outono), foi possível verificar altas concentrações deste composto, podendo a ter influenciado negativa os frutos tratados com este OE. Mas existe a necessidade de um estudo mais aprofundado, aplicando isoladamente este composto em concentrações variadas, para poder afirmar com maior certeza.

Os valores de SS e acidez titulável, não apresentaram diferença entre tratamentos, tanto no experimento com OEM extraído (outono) como no experimento com OEM comercial 2 (dados não apresentados).

Figura 12 - Firmeza de polpa (N) em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 $\mu\text{L L}^{-1}$ (A) e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias ($0\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C} / \text{UR}$ de $65\pm 5\%$). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.

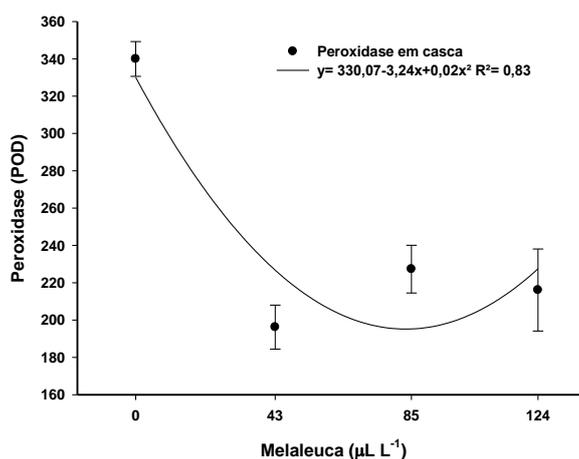


Barras verticais correspondem o erro padrão da média. R^2 : coeficiente de determinação.
Fonte: elaboração da própria autora, 2020.

4.1.2.2 Compostos fenólicos totais (CFT) e atividade enzimática peroxidase (POD)

Em condições de armazenamento refrigerado houve uma correlação moderadamente positiva (0,6375) entre CFT na polpa dos frutos e a severidade do mofo-azul. Porém, o teor de CFT na casca não apresentou correlação significativa com severidade de mofo-azul (dados não apresentados). A atividade da POD encontrada na casca de maçãs do experimento com OEM extraído (outono) sofreu uma redução nos valores até a dose estimada de $81 \mu\text{L L}^{-1}$ (Figura 12). Não foi observado diferença entre tratamentos para a atividade da POD na casca de maçãs, no experimento com OE comercial 2 (dados não apresentados). Não foram observadas diferenças entre os tratamentos para a atividade da POD na polpa dos frutos, em ambos os OEM (extraído outono e comercial 2) (dados não apresentados). Shao et al. (2013) identificaram um aumento inicial da atividade da POD com pico após 24 h do tratamento, e após decréscimo nos valores em morangos submetidos a aplicação de OEM., com base nesta literatura, a divergência dos resultados pode estar relacionada ao momento de avaliação da enzima no presente trabalho, tendo em vista que não foi avaliada a atividade após 24 horas da aplicação, sendo assim poderia já ter ocorrido a perda de indução da atividade da enzima. Pereira et al. (2012) também observaram aumento da atividade da POD após a pulverização de cafeeiros com OE de citronela, agindo na redução no crescimento de *Hemileia vastatrix* e *Cercospora coffeicola*, o que difere dos encontrados neste trabalho.

Figura 13 - Peroxidase em maçãs 'Fuji' submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 $\mu\text{L L}^{-1}$ e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias ($0\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $65\pm 5\%$). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.



Barras verticais correspondem o erro padrão da média. R^2 : coeficiente de determinação.
Fonte: elaboração da própria autora, 2020.

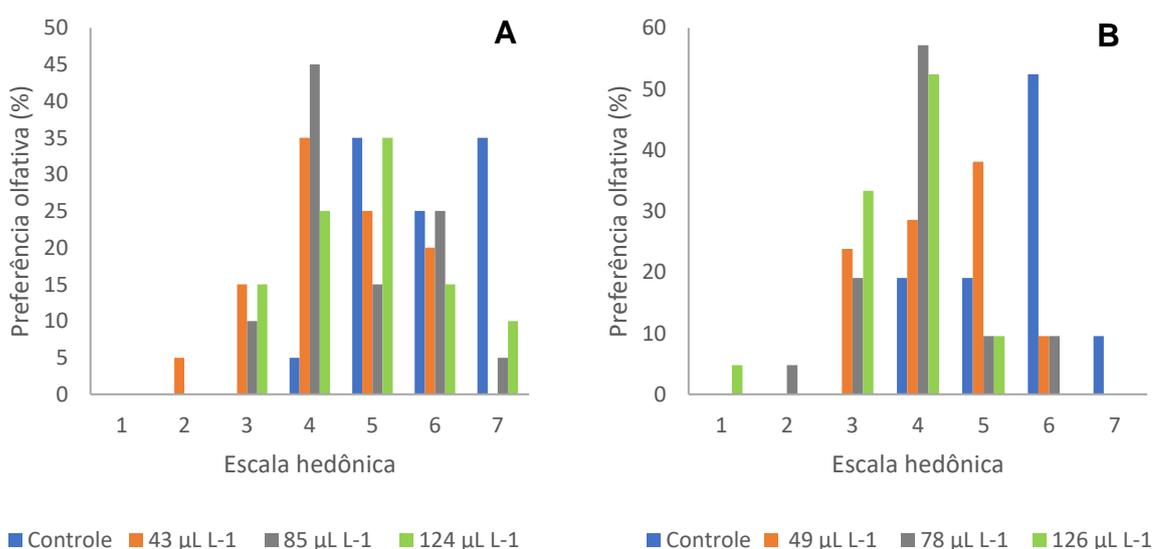
4.2.2.4 Análise Sensorial

Diversos trabalhos relatam a eficiência da aplicação dos OE nos frutos e no controle sobre os patógenos. Porém os resíduos desses óleos podem permanecer nos frutos, promovendo mudanças em seu odor e modificando assim a aceitação dos mesmos pelos consumidores.

Em relação a presença de odores no experimento com OEM extraído (outono), quando não aplicado OE 5% dos avaliadores não gostaram/nem desgostaram dos frutos, 35% gostaram, 25% gostaram muito e 35% gostaram muitíssimo. Os aromas citados pelos avaliadores foram de maçã e cheiro de terra. Com aplicação de OE extraído (outono) na dose de $43 \mu\text{L L}^{-1}$, 5% desgostaram muito, 15% desgostaram, 35% não gostaram/nem desgostaram, 25% gostaram, 20% gostaram muito dos frutos. Em relação aos aromas foram citados odor estranho, odor refrescante, odor de óleo, odor de OEM. Com aplicação de $85 \mu\text{L L}^{-1}$, 10% desgostaram, 45% não gostaram/nem desgostaram, 15% gostaram, 25% gostaram muito e 5% gostaram muitíssimo dos frutos. Foram citados os aromas de melaleuca e odor refrescante. Na dosagem de $124 \mu\text{L L}^{-1}$, 15% desgostaram, 25% não gostaram/nem desgostaram, 35% gostaram, 15% gostaram muito e 10% gostaram muitíssimo dos frutos. Os aromas que foram observados foram de OEM, odor de ervas, odor refrescante e odor de óleo essencial (Figura 13 A).

No experimento com OEM comercial 2, a análise sensorial dos frutos demonstrou que quando não aplicado OEM comercial, 19% dos consumidores não gostaram/nem desgostaram dos frutos, 19% gostaram, 52% gostaram muito e 10% gostaram muitíssimo. Os avaliadores não citaram os aromas quais aromas estavam presentes. Com aplicação OE comercial 2 na dose de $49 \mu\text{L L}^{-1}$, 24% dos consumidores desgostaram, 29% não gostaram/nem desgostaram, 38% gostaram, 10 gostaram muito dos frutos. Os aromas citados pelos avaliadores foram odor mentolado, odor refrescante e aroma de óleo. Na dosagem de $78 \mu\text{L L}^{-1}$ 5% desgostaram muito, 19% desgostaram, 57% não gostaram/nem desgostaram, 10% gostaram e 10 % gostaram muito. Os aromas destacados foram de produto químico, Melaleuca, óleo essencial, refrescante. quando aplicado $126 \mu\text{L L}^{-1}$ 5% desgostaram muitíssimo, 33% desgostaram, 52% não gostaram/nem desgostaram, 10% gostaram. Os aromas citados pelos avaliadores foram menta, velho, azedo, óleo essencial, refrescante e agrotóxico (Figura 13 B).

Figura 14 - Análise sensorial de maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, $124 \mu\text{L L}^{-1}$ (A) e de 0, 49, 78, $126 \mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 2 (B) e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias ($0\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $65\pm 5\%$). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.

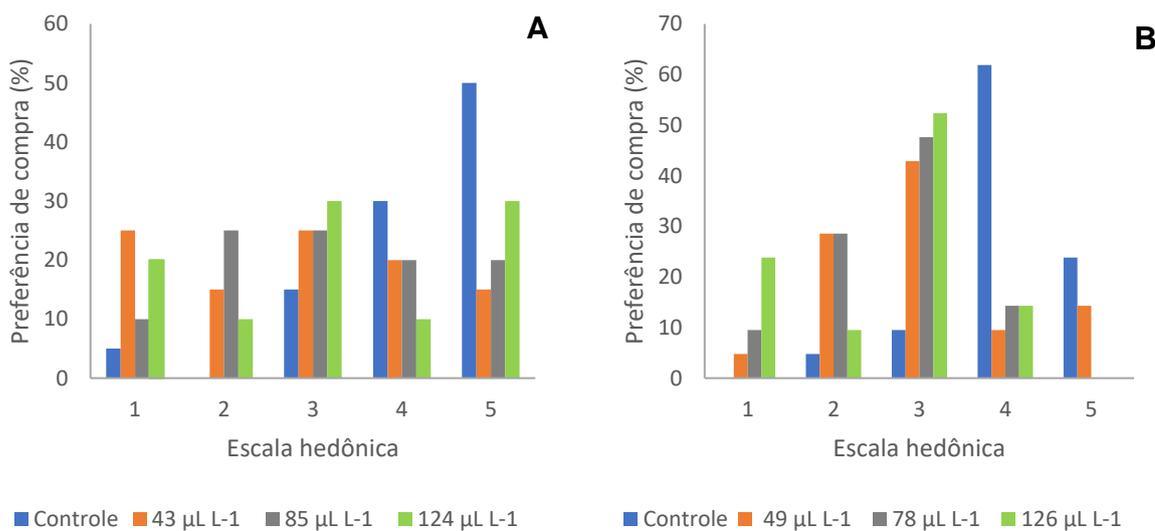


Escala hedônica: 1=desgostou muitíssimo; 2=desgostou muito; 3=desgostou; 4=não gostou/nem desgostou; 5=gostou; 6=gostou muito; 7=gostou muitíssimo

Em relação a preferência de compra com base no aroma dos frutos no experimento com OEM extraído (outono), quando não aplicado OE, 5% dos consumidores nunca comprariam as maçãs, 15% comprariam ocasionalmente, 30% comprariam frequentemente e 50% comprariam sempre esse produto. Com aplicação de OE extraído (outono) na dose de $43 \mu\text{L L}^{-1}$, 25% nunca comprariam, 15% comprariam raramente, 25% comprariam ocasionalmente, 20% comprariam frequentemente e 15% comprariam sempre esse produto. Na dose de $85 \mu\text{L L}^{-1}$, 10% nunca comprariam o produto, 25% comprariam raramente, 25% comprariam ocasionalmente, 20% comprariam frequentemente e 20% comprariam sempre esse produto. Quando aplicado $124 \mu\text{L L}^{-1}$, 20% nunca comprariam, 10% raramente comprariam, 30% comprariam ocasionalmente, 10% comprariam frequentemente e 30% comprariam sempre esse produto (Figura 14 A).

Quanto a preferência de compra considerando o aroma dos frutos o experimento com OEM comercial 2, onde não foi aplicado OE, 5% dos consumidores comprariam raramente, 10% comprariam ocasionalmente, 62% comprariam frequentemente, 24% comprariam sempre esse produto. Quando aplicado OE comercial 2 na dose de $49 \mu\text{L L}^{-1}$, 5% nunca comprariam, 29% comprariam raramente, 43% comprariam ocasionalmente, 10% comprariam frequentemente, 14% comprariam sempre. Na dosagem de $78 \mu\text{L L}^{-1}$, 10% nunca comprariam, 29% comprariam raramente, 48% comprariam ocasionalmente, 14% comprariam frequentemente. Aplicando $126 \mu\text{L L}^{-1}$, 24% nunca comprariam, 10% comprariam raramente, 52% comprariam ocasionalmente, 14% comprariam frequentemente (Figura 14 B).

Figura 15 - Preferência dos consumidores na compra de maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 $\mu\text{L L}^{-1}$ (A) e de 0, 49, 78, 126 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 2 (B) e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias ($0\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.



Escala hedônica: 1= nunca compraria; 2= compraria raramente; 3=compraria ocasionalmente; 4=compraria frequentemente; 5=compraria sempre

De acordo com os resultados da análise sensorial dos frutos, fica identificado que a aplicação do OEM (extraído outono, comercial 2) nos frutos, diminui a aceitação do consumidor tanto olfativa quanto a preferência de compra, e essa preferência diminui com o aumento da dose aplicada. Também fica evidente que os frutos tratados com OEM por volatilização apresentam resíduos nos frutos, visto que foram identificados a presença de aromas característicos de compostos presentes no OEM. Bedini et al. (2020) também relataram que a imersão de morangos, cerejas e mirtilos em soluções de OEM e OE de *C. reticulata* impactaram na aceitação sensorial dos frutos, sendo que frutos imersos na solução de OEM ficaram caracterizados pelo pior perfil de odor, isto devido ao maior número de odores e sabores estranhos, resultado esse que classificou os frutos como “não adequados para degustação”, enquanto que os frutos submetidos ao OE de *C. reticulata* mantiveram índice hedônico como aceitável. Sherata et al. (2020) observaram resultados discordantes dos encontrados neste trabalho, morangos tratados com diferentes OEs de limão, laranja e tangerina por imersão tiveram maior aceitação quanto à cor, textura, sabor, atributos de aparência do que morangos

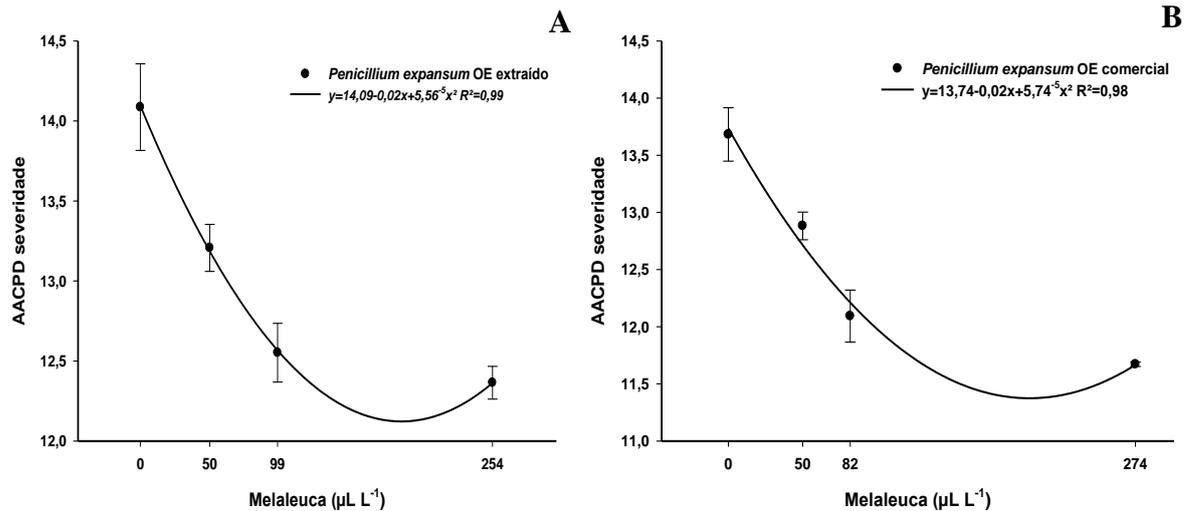
não tratados. Os dados encontrados pelos autores sugerem que a presença ou ausência de odores nos frutos submetidos a aplicação de OE, depende do tipo de OE aplicado, bem como a dosagem e forma de aplicação.

4.3 SEVERIDADE DE PODRIDÃO MOFO-AZUL

4.3.1 Temperatura ambiente

No experimento em condições ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$, UR $65\pm 5\%$), a aplicação de OEM extraído (verão) proporcionou menores valores de AACPD para severidade de mofo-azul em relação ao controle, obtendo o menor crescimento na dose estimada de $180\ \mu\text{L L}^{-1}$ (Figura 15 A). Com a aplicação do OEM comercial 1 os menores valores AACPD para severidade de mofo-azul foram observados na dose estimada de $174\ \mu\text{L L}^{-1}$ (Figura 15 B). Shao et al. (2013) observaram, em morangos, que a aplicação de OEM por volatilização reduziu o diâmetro da lesão por *B. cinerea*. Rocha Neto et al. (2019) observaram que a aplicação OEM e de OE de palmarosa e anis inibiram a germinação de *P. expansum in vitro*, porém não obteve o mesmo resultado no experimento *in vivo*, onde apenas os tratamentos com OE de palmarosa e anis causaram diminuição das lesões. Os efeitos de redução na AACPD podem ser explicados pela hidrofobicidade característica dos OE, que permite a interação deste com a membrana plasmática dos fungos, podendo romper a estrutura da membrana, alterando assim a permeabilidade desta e afetando os processos metabólicos (ZNINI et al., 2013). A aplicação OEM e OE de palmarosa e anis ocasionaram danos na camada lipídica de *P. expansum*, causando vazamento de glicose, proteínas e DNA (ROCHA NETO et al. 2019).

Figura 16 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para a severidade do mofo-azul em maçãs 'Fuji' submetidas a aplicação por vaporizado de OE extraído (verão), nas doses de 0, 50, 99, 254 $\mu\text{L L}^{-1}$ de (A) e de 0, 50, 82, 274 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 1 (B) e mantidas em condições ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$) por um período de sete dias. Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.



Barras verticais correspondem o erro padrão da média. R^2 : coeficiente de determinação.

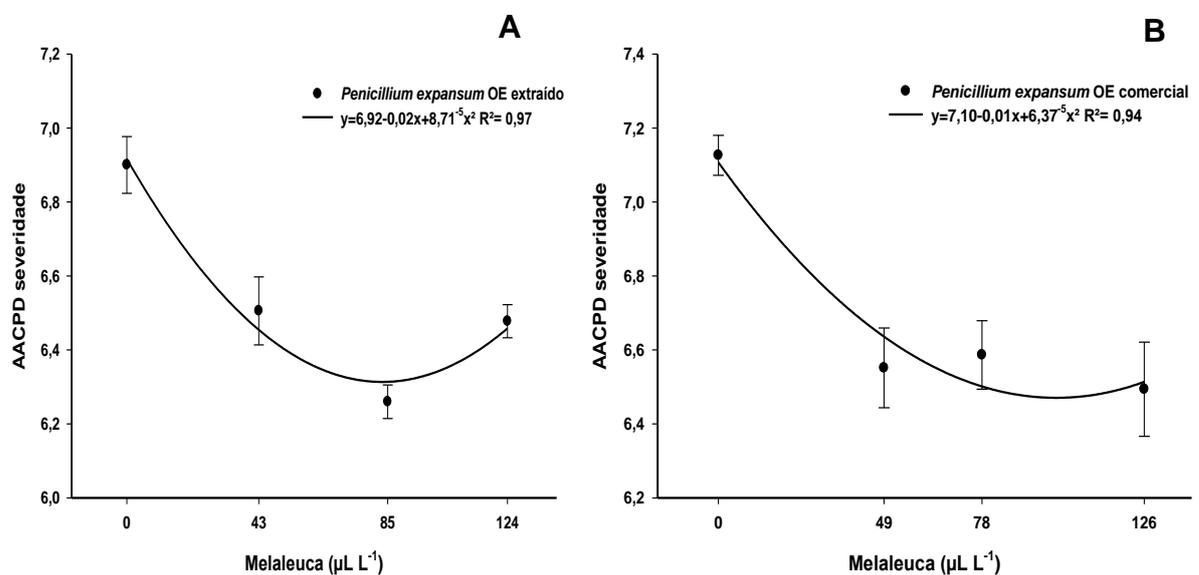
Fonte: elaboração da própria autora, 2020.

4.3.2 Armazenamento refrigerado

No experimento sob armazenamento refrigerado, a aplicação do OEM extraído (outono) nas a AACPD para severidade de mofo-azul apresentou redução até a dose estimada de $115 \mu\text{L L}^{-1}$ (Figura 16 A). No experimento com a aplicação do OEM comercial 2, a AACPD para severidade de mofo-azul apresentou menores valores na dose estimada de $99 \mu\text{L L}^{-1}$ (Figura 16B). Li et al. (2016) também observaram a redução de lesão causada por *P. expansum* em frutos de cereja submetidos a tratamentos com OEM por volatilização. A redução do crescimento de fungos após ao tratamento com OE é geralmente associada a alterações morfológicas e estrutura das hifas fúngicas. Alguns autores sugerem que a aplicação do OE causa alterações na integridade da membrana celular fúngica. O lipídio é um componente universal de todas as membranas celulares, que desempenha um papel importante, estabilidade, crescimento celular, fluidez e permeabilidade da membrana (HEATON, RANDALL, 2011). O ergosterol é o principal esterol presente em fungos filamentosos e se faz necessário para o crescimento e função normal da membrana celular fúngica, além de controlar a simetria, fluidez

e integridade da membrana (DE LIRA MOTA et al., 2012). Li et al. (2016) identificaram que os níveis de lipídios e ergosterol em *P. expansum* foram reduzidos pelo tratamento com OE de *M. alternifolia*. Identificaram que as hifas das amostras tratadas exibiram perda da linearidade, com aspecto encolhido e distorcido, ainda ocorreram alterações estruturais, plasma rompido e destacado da parede celular, ocorrendo plasmólise e os constituintes intracelulares foram danificados. Tao et al. (2014) relataram a diminuição dos níveis de lipídios total e a perda de material de absorção em *P. italicum* e *P. digitatum* quando aplicado tratamentos com OE e sugerem que a aplicação de OE causa citotoxicidade interrompendo a integridade da membrana causando vazamento celular.

Figura 17 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para a severidade de mofo-azul em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporização de OE extraído (outono), nas doses 0, 43, 85, 124 $\mu\text{L L}^{-1}$ (A) e de 0, 49, 78, 126 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial (B) e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias ($0\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $65\pm 5\%$). Avaliação realizada sete dias após a exposição dos frutos em temperatura ambiente. Safra 2018/2019.



Barras verticais correspondem o erro padrão da média. R^2 : coeficiente de determinação.

Fonte: elaboração da própria autora, 2020.

4.4 ANÁLISE DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DOS FRUTOS

O tratamento com OEM volatilizado, tanto em frutos mantidos em condições ambiente (Tabela 2) quanto nos submetidos ao armazenamento refrigerado (Tabela 3), afetaram a emissão de compostos voláteis de maçãs 'Fuji'. A maioria dos álcoois, aldeído, cetonas e ésteres, compostos principais que conferem aroma característico em maçãs, apresentaram menor área relativa ou ainda foram suprimidos quando os frutos foram submetidos a aplicação de OEM. Foi observado também a presença de hidrocarbonetos, monoterpênicos, sesquiterpênicos e terpenos nos frutos tratados com OEM, compostos voláteis característicos do OEM presentes nos frutos (Tabela 2, 3). Dentre estes compostos, foi identificado o 1,8-cineol e terpinen-4-ol, que são compostos majoritários do OEM.

Para o experimento mantido em condições ambiente, a aplicação do OEM apresentou redução da área relativa de alguns compostos que são presentes e importantes no aroma das maçãs, tais como o hexanal, butanoato de 2-metilhexila, em ambos os óleos (extraído verão e comercial 1), ainda foi verificada a inibição de outros compostos importantes, como o butanoato de propila, 2-metil butirato de etila, propionato de etila entre outros quando utilizado OEM extraído (verão) e comercial 1. Foi possível ainda identificar a presença dos compostos do OEM em todas as doses aplicadas para o OEM extraído (verão) e OEM comercial 1, entre os compostos presentes estão os principais terpinen-4-ol e 1,8-cineol (Tabela 2). No experimento em armazenamento refrigerado, foi possível identificar o mesmo padrão, quando aplicado o OEM (extraído outono, comercial 2) alguns aromas característicos da maçã sofreram redução na sua área relativa, isto ocorreu em todas as dosagens aplicadas, ou ainda a inibição de alguns compostos importantes. Também foi possível observar a presença de compostos aromáticos do OEM nas maçãs. Estes resultados, juntamente com os da análise sensorial, evidenciam que a aplicação de OEM deixou resíduos nos frutos, o que ocasionou a presença de odores estranhos e inibindo o aroma característico de maçã. Alguns trabalhos realizados sugerem que a maioria dos óleos essenciais não deixa sabores ou odores estranhos nos frutos, quando aplicado em concentrações mínimas inibitórias, principalmente em frutas armazenadas (TAGHAVI et al., 2018). Aloui et al. (2014) relataram ausência de sabores e odores estranhos em tâmaras tratadas com OE de citros. Cerejas tratadas com eugenol, timol ou mentol não apresentaram contaminação de odores e sabores estranhos, porém quando aplicado 1,8-cineol, um dos compostos majoritários do OEM, ocorreu a presença de odores estranhos nos frutos (SERRANO et al., 2005). O OE de timol e cravacol incorporados a cera não influenciaram no

cheiro ou sabor do suco de limões, embora o aroma do OE tenha sido identificado imediatamente após a aplicação dos tratamentos, desaparecendo após alguns dias de armazenamento (CASTILLO et al., 2014). A contaminação dos frutos por voláteis dos OE provavelmente depende do OE aplicado, dose, tempo de exposição, assim como o modo de aplicação, da espécie frutífera e cultivares (TAGHAVI et al., 2018).

Tabela 2 - Perfil de compostos voláteis em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporizado de OE extraído (verão), nas doses de 0, 50, 99, 254 $\mu\text{L L}^{-1}$ e de 0, 50, 82, 274 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 1, e mantidas em condições ambiente, por um período de sete dias ($23\pm 1^\circ\text{C}$ /UR de $65\pm 5\%$). Safra 2018/2019.

(continua)

Composto	Área relativa (%)							
	OE Extraído				OE Comercial			
	Controle	50 $\mu\text{L L}^{-1}$	99 $\mu\text{L L}^{-1}$	274 $\mu\text{L L}^{-1}$	Controle	50 $\mu\text{L L}^{-1}$	82 $\mu\text{L L}^{-1}$	274 $\mu\text{L L}^{-1}$
<i>Álcoois</i>								
1-Butanol	0,83 ± 0,32	0,54 ± 0,11	-	-	3,08	0,48	-	-
2-metil-1-butanol	7,04 ± 1,40	1,49 ± 0,32	1,02 ± 0,11	0,48 ± 0,14	5,72 ± 0,30	1,42 ± 0,41	0,74 ± 0,10	0,33 ± 0,06
1-hexanol	6,71 ± 1,24	1,63 ± 0,35	1,31 ± 0,29	1,23 ± 0,19	8,18 ± 0,62	20,10 ± 0,40	1,46 ± 0,26	1,03 ± 0,36
2-hexenol	0,61	-	-	-	-	-	-	-
2-etil hexanol	3,39 ± 0,38	-	-	-	2,91	-	-	-
<i>Aldeídos</i>								
Hexanal	29,24 ± 4,79	6,81 ± 1,36	6,84 ± 1,45	5,06 ± 1,65	24,11 ± 3,14	9,38 ± 3,23	5,33 ± 1,03	4,1 ± 0,28
2-hexenal	15,81 ± 2,28	3,12 ± 0,66	1,89 ± 0,52	2,06 ± 0,33	16,98 ± 0,51	2,91 ± 0,47	1,76 ± 0,43	1,34 ± 0,58
<i>Cetonas</i>								
Sulcatona	0,23 ± 0,11	-	-	-	0,50 ± 0,21	-	-	-
<i>Ésteres</i>								
Acetato de 2-metilbutila	5,20 ± 1,23	0,91 ± 0,24	22,30	-	8,45 ± 0,30	0,73 ± 0,29	0,32 ± 0,11	-
Acetato de butila	1,94 ± 0,68	-	-	-	2,05 ± 0,75	-	-	-

PubChem Compound Summary. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/>. Acesso: outubro, 2020. Números sem desvio padrão, foram localizados em apenas uma repetição. Fonte: Elaboração da autora, 2020.

(conclusão)

Composto	Área relativa (%)							
	OE Extraído				OE Comercial			
	Controle	50 µL L ⁻¹	99 µL L ⁻¹	274 µL L ⁻¹	Controle	50 µL L ⁻¹	82 µL L ⁻¹	274 µL L ⁻¹
Acetato de etila	0,83 ± 0,32	-	-	-	0,90	-	-	-
Butil 2-metilbutirato	2,82 ± 0,91	0,69 ± 0,19	0,67 ± 0,07	0,41 ± 0,16	1,78 ± 0,22	0,57 ± 0,05	0,15 ± 0,18	-
Butanoato de 2-metilhexila	2,13 ± 0,45	0,79 ± 0,20	0,59 ± 0,13	0,38 ± 0,13	1,29 ± 0,21	0,30 ± 0,06	0,27 ± 0,06	0,08 ± 0,17
Butanoato de butila	1,02 ± 0,35	-	-	-	0,70 ± 0,17	0,28	-	-
Butanoato de propila	1,31 ± 0,18	-	-	-	1,04 ± 0,19	-	-	-
Hexanoato de butila	0,54 ± 0,10	-	-	-	0,55 ± 0,04	-	-	-
Hexanoato de etila	0,29	-	-	-	-	-	-	-
Hexanoato de propila	0,26	-	-	-	-	-	-	-
2-metilbutirato de etila	3,19 ± 0,86	-	-	-	2,77 ± 0,79	-	-	-
Propionato de butila	0,70	-	-	-	0,75	-	-	-
Propionato de etila	0,71 ± 0,08	-	-	-	0,66	-	-	-
Propionato de propila	0,90 ± 0,25	-	-	-	0,99 ± 0,14	-	-	-
Terpenos								
m-cimeno	-	1,70	-	3,47	-	0,80 ± 0,39	-	-
Ocimeno	-	1,57 ± 0,14	-	2,29 ± 0,35	-	1,40 ± 0,04	1,47 ± 0,20	4,49 ± 0,68
1,4-cineol	-	-	-	-	-	0,27	0,31 ± 0,09	0,38 ± 0,05
1,8-cineol	-	28,36 ± 5,69	34,11 ± 0,43	12,26 ± 0,96	-	9,79 ± 1,18	10,72 ± 2,04	14,95 ± 1,41
α-terpineol	-	1,28 ± 0,21	1,04 ± 0,26	0,94 ± 0,20	-	1,94 ± 0,10	1,34 ± 0,17	0,58 ± 0,08
Hidrato de sabineno	-	-	0,37 ± 0,02	0,37	-	0,12	-	-
γ-terpineno	-	1,10 ± 0,36	0,48 ± 0,10	0,53 ± 0,34	-	0,47 ± 0,12	0,44 ± 0,08	0,30 ± 0,04
Terpinen-4-ol	-	46,66 ± 8,33	48,84 ± 8,80	70,02 ± 8,12	-	68,53 ± 3,96	74,84 ± 6,74	71,19 ± 5,73
Farneceno	-	0,69 ± 0,26	-	-	-	-	-	-
Cânfora	-	-	-	-	-	-	0,23	-

PubChem Compound Summary. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/>. Acesso: outubro, 2020. Números sem desvio padrão, foram localizados em apenas uma repetição. Fonte: Elaboração da autora, 202

Tabela 3 - Perfil de compostos voláteis em maçãs ‘Fuji’ submetidas a aplicação por vaporizado de OE extraído (outono), nas doses de 0, 43, 85, 124 $\mu\text{L L}^{-1}$ e de 0, 49, 78, 126 $\mu\text{L L}^{-1}$ de OE comercial 2, e mantidas em armazenamento refrigerado por 30 dias ($0\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $90\pm 5\%$) seguido de um período de sete dias em temperatura ambiente ($23\pm 1^\circ\text{C}/\text{UR}$ de $65\pm 5\%$). Safra 2018/2019.

(continua)

Composto	Área relativa (%)							
	OE Extraído				OE Comercial			
	Controle	43 $\mu\text{L L}^{-1}$	85 $\mu\text{L L}^{-1}$	124 $\mu\text{L L}^{-1}$	Controle	49 $\mu\text{L L}^{-1}$	78 $\mu\text{L L}^{-1}$	126 $\mu\text{L L}^{-1}$
<i>Álcoois</i>								
1-Butanol	0,48	1,47 \pm 0,40	0,87 \pm 0,29	0,98 \pm 0,07	3,98 \pm 0,15	1,08 \pm 0,17	0,77 \pm 0,12	0,65 \pm 0,19
2-metil-1-butanol	1,42 \pm 0,41	2,61 \pm 0,33	1,26 \pm 0,60	1,79 \pm 0,41	8,58 \pm 0,60	2,37 \pm 0,36	2,13 \pm 0,62	1,48 \pm 0,37
1-hexanol	2,10 \pm 0,40	7,96 \pm 0,38	5,23 \pm 1,23	7,91 \pm 0,75	15,52 \pm 2,87	8,25 \pm 0,83	5,04 \pm 0,34	5,72 \pm 1,24
2-hexenol	2,91 \pm 0,47	1,48 \pm 0,27	1,17 \pm 0,13	1,20 \pm 0,21	10,51 \pm 1,35	2,48 \pm 0,16	2,42 \pm 0,13	1,88 \pm 0,52
Propanol	0,26	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aldeídos</i>								
Hexanal	9,38 \pm 3,23	11,23 \pm 5,20	5,32 \pm 0,85	7,34 \pm 2,09	29,90 \pm 2,56	10,31 \pm 0,99	8,96 \pm 1,28	6,36 \pm 1,07
2-hexenal	4,00 \pm 1,57	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cetonas</i>								
Sulcatona	0,65	-	-	-	1,46 \pm 0,25	0,27 \pm 0,05	0,30	-
<i>Ésteres</i>								
Acetato de 2-metilbutila	0,73 \pm 0,29	-	-	-	-	-	-	-
Acetato de etila	0,43	-	-	-	-	-	-	-
Butanoato de 2-metilhexila	1,94 \pm 0,10	1,42 \pm 0,27	0,60 \pm 0,17	1,14 \pm 0,42	2,62 \pm 0,28	1,48 \pm 0,38	0,96 \pm 0,30	0,46 \pm 0,13
Butanoato de butila	0,28	0,77	-	0,36 \pm 0,08	1,31 \pm 0,12	0,52 \pm 0,18	0,42 \pm 0,19	0,34
Butanoato de propila	1,81 \pm 0,38	-	-	-	1,65 \pm 0,24	0,25	-	-

PubChem Compound Summary. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/>. Acesso: outubro 2020. Números sem desvio padrão, foram localizados em apenas uma repetição. Fonte: Elaboração da autora, 2020.

(conclusão)

Composto	Área relativa (%)							
	OE Extraído				OE Comercial			
	Controle	43 µL L ⁻¹	85 µL L ⁻¹	124 µL L ⁻¹	Controle	49 µL L ⁻¹	78 µL L ⁻¹	126 µL L ⁻¹
Hexanoato de butila	0,60 ± 0,22	-	-	-	1,10 ± 0,08	0,35 ± 0,08	41,07	0,20
Hexanoato de propila	0,23 ± 0,04	-	-	-	0,31 ± 0,01	-	-	-
2-metil-butil-2-metil-butirato	0,58 ± 0,24	-	-	-	0,60 ± 0,15	-	-	-
2-metil-butirato de etila	6,62 ± 1,35	-	-	-	5,28 ± 0,40	0,34 ± 0,02	-	-
2-metil-butirato de metila	0,57 ± 0,05	-	-	-	0,49 ± 0,09	-	-	-
Butanoato de etila	4,20	-	-	-	-	-	-	--
Butanoato de 2-metila	3,25 ± 0,38	1,71 ± 0,44	0,65 ± 0,18	1,04 ± 0,15	3,43 ± 0,17	1,40 ± 0,26	0,93 ± 0,43	0,40 ± 0,07
Butirato de 2-metilpropila	2,62 ± 0,84	-	-	-	2,68 ± 0,19	0,31 ± 0,01	-	-
Propionato de etila	0,57 ± 0,08	-	-	-	-	-	-	-
Terpenos								
m-cimeno	-	-	-	0,56	-	0,64 ± 0,01	0,94	-
Ocimeno	-	-	-	1,33 ± 0,25	-	0,78 ± 0,02	0,20	0,71 ± 0,18
1,4-cineol	-	-	-	-	-	0,22 ± 0,01	0,28 ± 0,07	0,26 ± 0,03
1,8-cineol	-	36,90 ± 1,97	37,76 ± 6,57	17,94 ± 2,15	-	9,19 ± 0,57	17,82 ± 3,31	18,81 ± 0,81
α-terpineno	-	-	-	0,39	-	-	-	-
α-terpineol	-	0,75 ± 0,15	0,89 ± 0,62	0,94 ± 0,36	-	1,16 ± 0,10	0,98 ± 0,45	0,80 ± 0,12
γ-terpineno	-	0,52 ± 0,08	0,29	0,40 ± 0,11	-	0,30 ± 0,04	0,33 ± 0,10	0,29
Hidrato de sabineno	-	--	-	0,23	-	-	-	-
Terpinen-4-ol	-	34,22 ± 3,59	40,65 ± 13,71	60,87 ± 6,45	--	60,09 ± 4,21	53,47 ± 10,03	74,11 ± 2,95
Farneceno	-	-	-	-	-	0,36 ± 0,01	-	-
Terpinoleno	-	-	-	--	-	0,21	-	-

PubChem Compound Summary. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/>. Acesso: outubro 2020.

Fonte: Elaboração da autora, 2020. Números sem desvio padrão, foram localizados em apenas uma repetição.

5 CONCLUSÕES

O óleo essencial de Melaleuca extraído de folhas coletadas em diferentes épocas (primavera, verão, inverno e outono) apresentam variação na sua composição química em relação ao perfil de compostos identificados e na proporção da área relativa destes. A maior área relativa do composto majoritário, terpinen-4-ol foi encontrada na primavera, na presença de floração. E a menor concentração do composto 1,8-cineol foi no verão. Os OEs comerciais também apresentaram diferenças na área relativa de seus compostos.

A aplicação do óleo essencial de Melaleuca (extraído, comercial) em pós-colheita, por vaporização, reduz o desenvolvimento de podridões ocasionado por *P. expansum*, no entanto, causa alterações indesejadas nos atributos de qualidade dos frutos assim como no perfil de compostos voláteis, tanto em frutos mantidos em condições ambiente como em armazenamento refrigerado.

Estudos adicionais podem ser realizados com o objetivo de determinar uma melhor forma de aplicação do OEM, a dosagem mais adequada, que não interfiram nos atributos de qualidade dos frutos, bem como identificar quais os componentes do óleo têm maior ação sob o fungo e a interferência desses nas propriedades organolépticas dos frutos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, F. M de F., *et al.* Controle de *Alternaria alternata* com óleo essencial de *Melaleuca alternifolia*. **Journal of Experimental Agriculture International** , 40 (3), 1-10, 2019.
- ANTUNES, M. D. C.; CAVACO, B, A.; The use of essential oils for postharvest decay control. A review. **Flavour Fragrance Journal**, v. 25, p. 351-366, 2010.
- ALOUI, H. *et al.* Efficacy of the combined application of chitosan and Locust Bean Gum with different citrus essential oils to control postharvest spoilage caused by *Aspergillus flavus* in dates. **Int. J. Food Microbiol.** 170, 21–28, 2014.
- ARGENTA, L. C. *et al.* Diagnóstico da qualidade de maçãs no mercado varejista brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 48-63, 2015.
- ARGENTA, L. C. *et al.* Postharvest losses of apples by fungal decay and physiological disorders in southern Brazil. In: Interbational Symposium on postharvest pathology, 4, 2017, Skukuza, África do Sul. **Abstracts...** Leuven: Chronica Horticulturae, 2017. p. 24.
- ASTANI, A. *et al.* Comparative study on the antiviral activity of selected monoterpenes derived from essential oils. **Phytotherapy Research**, Germany, p. 673-679, 3, 2009.
- BANANI, H. *et al.* Thyme and savory essential oil efficacy and induction of resistance against *Botrytis cinerea* through priming of defense responses in apple. **Foods**, v. 7, n. 2, p. 11, 23, 2018.
- BAKKALI, F. *et al.* Biological effects of essential oils - A review. **Food and Chemical Toxicology**, Amsterdam, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.
- BEDINI, S. *et al.* Essential oils as post-harvest crop protectants against the fruit fly *Drosophila suzukii*: Bioactivity and Organoleptic Profile. **Insects**, 11(8), 508, 2020.
- BEKELE, E. A. *et al.* Dynamics of metabolic adaptation during initiation of controlled atmosphere storage of ‘Jonagold’ apple: effects of storage gas concentrations and conditioning. **Postharvest Biology And Technology**, Leuven, Belgium, v. 117, p. 9-20, 1, 2016.
- BRUM, R. B. C. S. *et al.* Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre fungos fitopatogênicos. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 3, p. 361-371, 2014.
- BUTCHER P.A.;Doran J. C.; Slee M. U. Intraspecific variation in leaf oils of *Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae). **Biochem Syst Ecol** 22:419–430, 1994.
- CABRAL, L. C.; PINTO, V. F.; PATRIARCA, A. Application of plant derived compounds to control fungal spoilage and mycotoxin production in foods. **International Journal of Food Microbiology**, v. 166, p. 1-14. 2013.

CARSON, C. F.; RILEY, T. V. Antimicrobial activity of the major components of the essential oil of OEM. **J. Appl. Bacteriol.**, Canberra, v. 78, p. 264-269, 1995.

CASTELO, Ana V. M. *et al.* Rendimento e composição química do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Chell, na região do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 8, n. 1, p.143-147, 2013.

CASTILLO, S. *et al.* Os óleos essenciais timol e carvacrol aplicados nas linhas de embalagem evitam a deterioração do limão e mantêm a qualidade durante o armazenamento. **Food Control**, 35 (1), 132–136, 2014.

CASTRO, C. *et al.* Análise econômica do cultivo e extração do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Chell. **Revista Árvore**, v. 29, n. 2, p.241-249, 2005.

CHENG, S.; SHAO, X. In vivo antifungal activities of the tea tree oil vapor against *Botrytis cinerea*. In: 2011 International Conference on New Technology of Agricultural. Presented at the 2011 **International Conference on New Technology of Agricultural Engineering** (ICAE). IEEE, Zibo, China, pp. 949–951

CHIDI, F.; BOUHOUDAN; A.; KHADDOR, M. Antifungal effect of the tea tree essential oil *Melaleuca alternifolia* against *Penicillium griseofulvum* and *Penicillium verrucosum*. **Journal Of King Saud University - Science**, Morocco, v. 32, n. 3, p. 2041-2045, 2020.

CHOUHAN, S.; SHARMA;K.; GULERIA, S. Antimicrobial Activity of Some Essential Oils. Present Status and Future Perspectives. **Medicines**, India, v. 4, n. 3, p. 58, 8, 2017.

CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. 2. Ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 162p.

CO , S. D. ; MANN , C. M.; MARKHAM , J. L. Interações entre os componentes do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* . **J. Appl. Microbiol.** 91: 492–497, 2001.

CRUZ, S. *et al.* Control del moho azul en poscosecha de manzana con productos naturales. **Idesia** (Arica), 33(2), 57–63, 2015.

DAROLT, J. C.; ROCHA NETO; A. C.; DI PIETRO, R. M. Effects of the protective, curative, and eradivative applications of chitosan against *Penicillium expansum* in apples. **Brazilian Journal of Microbiology**, 47(4), 1014–1019, 2016.

DE GROOT, A. C., SHINIDT, E. Tea tree oil: contact allergy and chemical composition. **Contact Dermatitis**, Germany, v. 75, n. 3, p. 129-143, 2016.

DE LIRA MOTA, K. S. L. *et al.* Antifungal activity of *Thymus vulgaris* L. essential oil and its constituent phytochemicals against *Rhizopus oryzae*: interaction with ergosterol. **Molecules**. 17(12): 14418-14433, 2012.

DEVI, K. P. *et al.* Eugenol (an essential oil of clove) acts as an antibacterial agent against *Salmonella typhi* by disrupting the cellular membrane. **Journal Of Ethnopharmacology**, India, v. 130, n. 1, p. 107-115, 2010.

EBANI, V. *et al.* Chemical composition and in vitro antimicrobial efficacy of sixteen essential oils against *Escherichia coli* and *Aspergillus fumigatus* Isolated from Poultry. **Veterinary Sciences**, Italy, v. 5, n. 3, p. 62, 25, 2018.

EPAGRI. Centro de socioeconomia e planejamento agrícola-CEPA. **Acompanhamento de Safra**. Totais do Estado: Maçã Fuji e Gala. 2019. Disponível em: <<http://www.infoagro.sc.gov.br/index.php/safra/producao-vegetal>>. Acesso em: 14 maio 2019.

EPAGRI. Colheita da maçã inicia em Santa Catarina. In: **Colheita da maçã inicia em Santa Catarina**. [S. l.], 11 fev. 2020. Disponível em: <<https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/02/11/colheita-da-maca-inicia-em-santa-catarina/>>. Acesso em: 29 jun. 2020.

ERRAMPALLI, D. (2014). **Decadência pós-colheita, *Penicillium expansum*** (Mofo azul). 189–231.

ESPÍNDOLA, B. P. **Indução de resistência e vaporização de óleos essenciais no controle de podridões pós-colheita em pêssegos 'Chimarrita'**. 2017. 84 f. Tese (Doutorado) - Curso de Produção Vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2017.

FACHINELLO, J. C. *et al.* Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33.1: 109-120, 2011.

FAKHAR, Z.; MOSTOFI, Y.; ZAMANI, Z.; Application of *Ocimum basilicum* essential oil as vapor on postharvest storage of plum fruit cv. 'Golden Drop'. **Notulae Scientia Biologicae**, Romania, v. 4, n. 6, p. 454-459, 2014.

FAO. Orgazinação das Nações Unidas para alimentação e a agricultura: **Perdas e desperdícios de alimentos na América Latina e no Caribe, 2020**. disponível em:< <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>> Acesso em: 19 de dez. 2020.

FRISVAD, J. C., SAMSON, R. A. Polyphasic taxonomy of *Penicillium subgenus Penicillium*: A guide to identification of food and air-born tervertiillate *Penicillia* and their mycotoxins. **Studies in Mycology**, v. 49, p. 1-174, 2004.

GAO, L. L. *et al.* Etiology of moldy core, core browning, and core rot of Fuji apple in China. **Plant Disease**. 97. 510-516, 2013.

GARCIA, C. *et al.* Essential oils in the control of *Botrytis cinera*: influence on post-harvest quality of Rubi grapes. **Brazilian Journal of Food Technology**, 22, 2019.

GILLES, M. *et al.* Chemical composition and antimicrobial properties of essential oils of three Australian Eucalyptus species. **Food Chemistry**, v. 119, p. 731-737, 2010.

GÓMEZ-RINCÓN, C. *et al.* Atividade do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* contra larvas L3 de *Anisakis simplex*. **BioMed Research International**, 2014, 1-6, 2014.

GLOBAL CATALOGUE OF MICROORGANISMS (China). *Penicillium expansum*. 2019. Disponível em: <http://gcm.wfcc.info/speciesPage.jsp?strain_name=Penicillium%20expansum>. Acesso em: 14 maio 2019.

HAMMER, K.A. *et al.* JB. Uma revisão da toxicidade de *Melaleuca alternifolia* (árvore do chá) óleo. **Food Chem. Toxicol.** 44: 616–625, 2006.

HEATON, N. S.; RANDALL, G. Multifaceted roles for lipids in viral infection. **Trends Microbiol.** 19(7): 368-375, 2011.

JAHANI, M. P.; AMINIFARD, M. H. Antifungal effects of essential oils against *Aspergillus niger* *in vitro* and *in vivo* on pomegranate (*Punica granatum*) fruits. **Scientia Horticulturae**, 264, 2020.

JHALEGAR, M. J.; SHARMA, R. R.; SINGH, D. *In vitro* and *in vivo* activity of essential oils against major postharvest pathogens of Kinnow (*Citrus nobilis* × *C. deliciosa*) mandarin. **Journal of Food Science and Technology**, Rockville, v. 52, n. 4, p. 2229-2237, 2015.

JOBLING, J. **Óleos Essenciais: Uma nova ideia para o controle de doenças pós-colheita**. Sydney: Laboratório de Pós-colheita de Sydney., 2018.

Disponível em: <http://www.htmlpublish.com/convert.pdf.tohtml/successppp.aspx?zip=DocStorage/119327196/bcl_119327196.htm&app=pdf2word>. Acesso em: 28 nov. 2019.

KESZEI, A.; HASSAN, Y.; FOLEY, W.J. Biochemical Interpretation of Terpene Chemotypes in *Melaleuca alternifolia*. **J Chem Ecol** 36, 652–661, 2010.

LANG, G.; BUCHBAUE, G. Uma revisão sobre resultados de pesquisas recentes (2008-2010) sobre óleos essenciais como antimicrobianos e antifúngicos. Uma revisão. **Jornal do sabor e da fragrância**, 27 (1), 13–39, 2011.

LEMO, D. R. H.; Melo, E. C.; Rocha, R. P.; Barbosa, L.C.A.; Pinheiro, A.L. Influence of drying air temperature on the chemical composition of the essential oil of melaleuca. **Eng. Agric.** 20, 5–11, 2012.

MARKHAM, J. L. Atividade biológica do óleo da árvore do chá. Em *Tea Tree, o Gênero Melaleuca*. **Harwood Academic Publishers**, Amsterdã; ed. Southwell, I. e Lowe, R., pp. 169-190, 1999.

MARINO, A. K. **Volatili de óleos essenciais para controle de *Botrytis cinerea* em morangos**. 2020. 48 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2019.

MARTINS, J. A. S. *et al.* Avaliação do efeito do óleo de *Melaleuca alternifolia* sobre o crescimento micelial *in vitro* de fungos fitopatogênicos. **Bioscience Journal** (Online), v.27, p.49-51, 2011.

MATTEI, L. F.; BITTENCOURT, C. C. **Panorama e tendências da cadeia produtiva de maçã no estado de Santa Catarina: Uma análise dos segmentos de produção e packing house.** Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/15/248.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2019.

MONDINO, P. *et al.* **Manual de identificação de doenças da maçã em pós-colheita.** Montevideo: CYTED, 2009. 67 p.

MORAIS, L. A. S. **Óleos essenciais no controle fitossanitário.** Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144196/1/2009CL-08.pdf> Acesso em: 7 de abril, 2020.

NAVARRETE, A. *et al.* Improvement of Essential Oil Steam Distillation by Microwave Pretreatment. **I&EC Research**, v. 50, p. 4667-4671, 2011.

NIKKHAH, M.; HASHEMI, M. Boosting antifungal effect of essential oils using combination approach as an efficient strategy to control postharvest spoilage and preserving the jujube fruit quality. **Postharvest Biology and Technology**, 164(), 111159, 2020.

OGOSHI, C. *et al.* Podridões pós-colheita em maçã: perdas econômicas e alternativas de manejo. **Brazilian Journal Of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 17093-17101, 2019.

OLIVEIRA, A. R. M. F. D. *et al.* Influência da idade da planta na produção de óleo essencial de alevante. **Rev. Ceres, Viçosa, Viçosa**, v. 59, n. 2, p. 241-245, 2012.

OLIVEIRA, T. R. de. **Avaliação da toxicidade "in vivo", atividade antifúngica e efeito anti-proliferativo do óleo essencial de Melaleuca spp. (Tea tree, Cajuput e Naiuli) sobre espécies do gênero Candida.** 2019. 1 recurso online (82 p.). Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Piracicaba, SP.

PÉREZ-ALFONSO, C. O. *et al.* The effects of essential oils carvacrol and thymol on growth of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* involved in lemon decay. **International Journal of Food Microbiology**, 158, 2012.

PIOTROSKI, D.R. *et al.* Análogos da capsaicina: avaliação da atividade antimicrobiana. In: XVI Seminário de iniciação científica e tecnológica da UTFPR, Curitiba. Anais **XVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR**, Curitiba: UTFPR, 2011.

PEREIRA, R.B. *et al.* Citronella essential oil in the control and activation of coffee plants defense response against rust and brown eyespot. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 4, p. 383-390, 2012.

PERUMAL, A. B. *et al.* Effects of essential oil vapour treatment on the postharvest disease control and different defence responses in two Mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. **Food Bioprocess Technol** 10, 1131–1141, 2017.

PETRI, J. L. *et al.* Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n. especial, p.48-56, 2011.

PITT, J. I., HOCKING, A. D. **Fungi and food spoilage. Netherlands: SPRINGER, 2013.** 542 p.

PRAKASH, B. *et al.* Óleos essenciais de plantas como alimento conservantes para controlar fungos, contaminação por micotoxinas e deterioração oxidação de produtos agro alimentares potenciais e desafios. **Food Control**, 47, 381-391, 2015

RABBANY, A.B.M.G.; MIZUTANI, F. Effect of essential oils on ethylene production and ACC content in apple fruit and peach seed tissues. **Journal of Japanese Society for Horticultural Science**, Kyoto, v. 65, n. 1, p. 7-13, 1996.

RAMOS, K.; ANDREANI JUNIOR, R.; KOZUSNY-ANDREANI, DI. Óleos essenciais e vegetais no controle *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides*. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, Campinas, v. 18, n. 21, p. 605-612, 2016.

RIELD, R. W. **Practical methods for using tea tree oil.** AgroFood Industry Hi-Tech, v.8, n.1, p. 34-36, 1997

ROCHA NETO, A. C. *et al.* Antifungal activity of palmarosa (*Cymbopogon martinii*), tea tree (OEM) and star anise (*Illicium verum*) essential oils against *Penicillium expansum* and their mechanisms of action. **Food Science And Technology**, São Paulo, v. 105, n. 1, p. 385-392, 17, 2019.

ROMANAZZI, G. *et al.* Integrated management of postharvest gray mold on fruit crops. **Postharvest Biology And Technology**, [S.L.], v. 113, p. 69-76, 2016

ROMANAZZI, G. *et al.* Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. **Postharvest Biology And Technology**, [S.L.], v. 122, n. 1, p. 82-94, 2016.

SAFAEI-GHOMI, J. A.H.D, A. Antimicrobial and antifungal properties of essential oil and methanol extracts from *Eucalyptus largiflorens* e *Eucalyptus intertexta*. **Pharmacognosy Magazine**, 6 (23), 172, 2010.

SERRANO, M. *et al.* The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. **Innov. Food Sci. Emerg. Technol.** 6, 115–123, 2005.

SHAO, X. *et al.* Effects and possible mechanisms of tea tree oil vapor treatment on the main disease in postharvest strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, 77, 94-101, 2013.

SHAO, X. *et al.* The possible mechanism of antifungal action of tea tree oil on *Botrytis cinerea*. **Journal of Applied Microbiology**, China, v. 1, n. 114, p. 1642-1649, 2013.

SHARIFI-RAD, J. *et al.* Biological activities of essential oils: From plant chemoecology to traditional healing systems. **Molecules**, 22 (1), 70, 2017.

SHEHATA, S. A. *et al.* Efeito de alguns óleos essenciais de citros na vida útil pós-colheita e na qualidade físico-química de morangos durante o armazenamento refrigerado. **Agronomy**, 10 (10), 1466, 2020.

SILVA, F., CASELI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas: pós-colheita e óleos essenciais**. Viçosa: UFV. Departamento de Fitotecnia, 2000. 135p.

SILVA, M. B. *et al.* Uso de princípios bioativos de plantas no controle de fitopatógenos e pragas. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 255, p. 70-77, 2010.

SILVA, S. R. S. *et al.* Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de OEM Cheel. **Acta Scientiarum.Agronomy**, v. 24, n. 5, p.1363-1368, 2002.

SILVEIRA, J. C. *et al.* Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.15; p. 2038-2052, 2012.

SPOEL, S. H., DONG, X. Compreendendo a interferência hormonal durante as respostas imunes às plantas. **Cell Host & Microbe**, 3 (6), 348–351, 2008.

SUN, X. *et al.* Effects of chitosan-essential oil coatings on safety and quality of fresh blueberries. **J. Food Sci.** 79 (5), 955–960, 2014.

TAGHAVI, T.; KIM, C.; RAHEMI, A. Papel dos voláteis naturais e óleos essenciais no prolongamento da vida útil e no controle de microrganismos pós-colheita de frutas pequenas. **Microorganisms**, 6, 104, 2018.

TAO, N.; JIA, L.; ZHOU, H. Anti-fungal activity of *Citrus reticulata* essential oil against *Penicillium italicum* and *Penicillium digitatum*. **Food. Chem.** 153: 265-271, 2014.

VALERO, D.; SERRANO, M. **Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality**. Boca Raton: CRC-Taylor & Francis, 2010.

VAN DER WALT, L. *et al.* *Penicillium* species associated with preharvest wet core rot in South Africa and their pathogenicity on apple. **Plant Disease**. Rep. 94, 666–675, 2010.

VARUGHESE, T. *et al.* Chemical composition of the essential oils from stem, root, fruit and leaf of Piper longum Linn. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, San Francisco, 19, n. 1, p. 52-58, 2016.

VERNET, P.; GOUYON, R.H.; VALDEYRON, G. **Controle genético do conteúdo de óleo em *Thymus vulgaris* L: um caso de polimorfismo em uma cadeia Biosintética**. **Genética** 69, 227-231, 1986.

VIEIRA, A. M. F. D. **Óleos essenciais substâncias alternativas no manejo de podridões pós-colheita de maçãs 'Fuji'**. 2016. 87 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós- Graduação em Ciências Agrárias do Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

VIEIRA, A. M. F. D. *et al.* Óleos essenciais para o controle pós-colheita de mofo-azul e qualidade de maçãs 'Fuji'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 53, p.547-556, 2018.

ZNINI, M. *et al.* Essential oil composition and antifungal activity of *Pulicaria mauritanica* Coss., against postharvest phytopathogenic fungi in apples. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*, 54, 564–569, 2013.

ANEXO A – QUESTIONÁRIO ANÁLISE SENSORIAL

Anexo A Questionário disponibilizado para a análise dos frutos de maçã ‘Fuji’, ofertados para análise sensorial. Safra 2018/2019.

Nome (opcional): _____

Qual sua preferência com relação à textura de maçãs? () Firme () Macia.

Você está recebendo quatro amostras de maçã. Por favor, avalie cada uma das amostras codificadas e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra para as duas variáveis avaliadas.

Nº Amostra	Aroma	Presença de aroma estranho? Qual?
184	_____	() Não () Sim _____
477	_____	() Não () Sim _____
383	_____	() Não () Sim _____
651	_____	() Não () Sim _____

1- Desgostei muitíssimo

2- Desgostei muito

3- Desgostei

4- Não Gostei, nem desgostei

5- Gostei

6- Gostei muito

7- Gostei muitíssimo

Por favor, avalie as amostras utilizando a escala abaixo para descrever sua intenção de compra do produto.

Marque a posição da escala que melhor reflita seu julgamento.

Nº da Amostra	184	477	383	651

1- Nunca compraria

2- Compraria raramente este produto

3- Compraria ocasionalmente este produto

4- Compraria frequentemente este produto

5- Compraria sempre este produto.

Observações/Comentários: _____
