

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA-UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS-CAV  
CURSO DE DOUTORADO**

**VIVIANE APARECIDA FIGUEREDO OLIVEIRA SANTOS**

**CARACTERIZAÇÃO DE UVAS E VINHOS DE VARIEDADE *CABERNET SAUVIGNON* EM SISTEMAS DE CULTIVO PROTEGIDO EM REGIÃO DE ALTITUDE DO ESTADO DE SANTA CATARINA.**

**LAGES**

**2022**

**VIVIANE APARECIDA FIGUEREDO OLIVEIRA SANTOS**

**CARACTERIZAÇÃO DE UVAS E VINHOS DE VARIEDADE CABERNET  
SAUVIGNON EM SISTEMAS DE CULTIVO PROTEGIDO EM REGIÃO DE  
ALTITUDE DO ESTADO DE SANTA CATARINA.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Produção Vegetal.  
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Alves Moreira

**LAGES**

**2022**

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

Santos, Viviane Aparecida Figueredo Oliveira  
Caracterização de uvas e vinhos de variedade Cabernet  
Sauvignon em sistemas de cultivo protegido em Região de Altitude

do Estado de Santa Catarina / Viviane Aparecida Figueredo Oliveira  
Santos. -- 2022.

147 p.

Orientador: Marcelo Alves Moreira

Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina,  
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação  
em Produção Vegetal, Lages, 2022.

1. Vitis vinifera. 2. cobertura plástica. 3. tela antigranizo . 4.  
cromatografia a gás. 5. espectrometria de massa. I. Moreira, Marcelo  
Alves. II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de  
Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Produção Vegetal. III. Título.

**VIVIANE APARECIDA FIGUEREDO OLIVEIRA SANTOS**

**CARACTERIZAÇÃO DE UVAS E VINHOS DE VARIEDADE CABERNET  
SAUVIGNON EM SISTEMAS DE CULTIVO PROTEGIDO EM REGIÃO DE  
ALTITUDE DO ESTADO DE SANTA CATARINA.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Produção Vegetal.

**BANCA EXAMINADORA:**

Orientador:

---

Dr. Marcelo Alves Moreira  
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membros:

---

Dr. Cristiano André Steffens  
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

---

Dr. Douglas Andre Würz  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC

---

Dr. Rogério de Oliveira Anese  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC

---

Dr. Antônio Mendes de Oliveira Neto  
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Lages, 18 de janeiro de 2023

Ao meu esposo Sidney, pelo apoio incondicional, pelo incentivo a percorrer este caminho, por compartilhar angústias e dúvidas estendendo sempre sua mão amiga em momentos delicados e difíceis; pela atenção e paciência que sempre teve comigo.

Aos meus filhos, Renan e Carlos Eduardo, pela compreensão da minha ausência para viabilizar este trabalho, abdicando de momentos preciosos de convivência familiar!

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por tudo que conquistei, e por me mostrar que é nas dificuldades que sempre se faz presente.

Agradeço à minha família, em especial meu esposo e filhos, pelo ESTÍMULO INCANSÁVEL e AJUDA INCONDICIONAL, e pelo dia a dia.

A minha querida Mãe, Adelaide, pelo exemplo de mulher guerreira e batalhadora, pelos conselhos e ensinamentos valorosos, por ser a nossa estrutura familiar.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Alves Moreira, pela oportunidade, aprendizado, confiança, respeito, incentivo e estímulo à pesquisa, e pelas orientações.

Ao Prof. Dr. Cristiano André Steffens, pelos ensinamentos, paciência e conselhos valiosos, pela confiança e credibilidade à minha pessoa, pelo incentivo e estímulo à pesquisa.

Agradeço ao Laboratório de Enoquímica e Microvinificação da Epagri São Joaquim, principalmente ao Felippeto e Estela, por todo o conhecimento e experiência compartilhada, sem a ajuda de vocês parte desse experimente não seria possível!

Ao Prof. Dr. Cassandro Vidal Talamini do Amarante, pela oportunidade, aprendizado e pela confiança.

Às minhas amigas que permaneceram ao meu lado, Mayumi, Raquel, Marília, Marcelli, Leila, Samara e Brenda, muito obrigada pela paciência e dedicação, e interesse ímpares em todas as etapas do trabalho; pelo incentivo e estímulo, pelas palavras amigas, sábias e acima de tudo, sinceras.

Às minhas sempre amigas-irmãs Yara, Taís e Juliette, obrigada por estarem presentes em minha vida, mesmo distante vocês se fizeram presentes em momentos de angústias, alegrias, incertezas, sempre com conselhos valorosos e ajuda incondicional.

Aos professores e servidores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pelos conhecimentos adquiridos e pela amizade.

A todos os colegas do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita que me ajudaram, principalmente na colheita, Tiago e Cristhian, e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

“Eu sou aquela mulher a quem o tempo muito ensinou.  
Ensinou a amar a vida e não desistir da luta, recomeçar  
na derrota, renunciar a palavras e pensamentos  
negativos”.

Cora Coralina.

## RESUMO

O município de São Joaquim apresenta elevada pluviosidade no período de maturação e colheita da uva, além de riscos de ocorrência de geadas e granizos, o que compromete a qualidade do fruto. Para o controle destas adversidades uma das opções é a utilização de coberturas, principalmente para minimizar os efeitos da precipitação elevada durante a maturação. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência do cultivo protegido na uva *Cabernet Sauvignon* e vinho elaborado. Os tratamentos avaliados foram os seguintes: controle, com cobertura plástica transparente e cobertura com tela antigranizo branca. O experimento foi implantado na cidade de São Joaquim-SC, localizado em um vinhedo comercial, com 1256 m de altitude, seguindo um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, com duas plantas/repetição, nas safras 2018/19 e 2019/20. As uvas e os vinhos foram caracterizados físico-quimicamente, assim como os compostos fenólicos e atividade antioxidante. Também foram realizadas a quantificação dos compostos fenólicos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE/UV-Vis), e a extração dos principais compostos voláteis, da uva e vinho, por micro extração em fase sólida (*SPME*), separação e identificação dos compostos voláteis das uvas e vinhos da variedade avaliada por Cromatografia a Gás acoplada a Espectrometria de Massa (CG/EM). A temperatura e o tempo de captura dos voláteis, por *SPME*, presentes no *headspace* da amostra foram otimizados utilizando-se um delineamento fatorial 2<sup>2</sup>, com quatro pontos axiais e três repetições do ponto central (DCCR), totalizando 11 ensaios. A condição otimizada foi determinada pelo tempo e temperatura que maximizaram a adsorção dos compostos voláteis de interesse. A identificação dos voláteis foi realizada por comparação dos espectros de massas obtidos com os disponíveis na biblioteca *National Institute of Standards and Technology (NIST)* e através do índice de retenção de Kovats. Os resultados evidenciaram que a cobertura Plástica proporcionou maior concentração dos sólidos solúveis. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para compostos fenólicos e atividade antioxidante nas uvas. No tratamento com cobertura plástica o vinho apresentou a menor concentração de composto fenólicos e atividades antioxidante, e no tratamento com cobertura de tela antigranizo somente uma menor atividade antioxidante. O vinho no tratamento controle obteve a maior concentração total de flavonóis. As análises dos compostos voláteis evidenciaram que uvas e vinhos no controle e sob cobertura plástica apresentaram notas de aromas frutados, floral e herbáceos; já o tratamento sob cobertura tela antigranizo apresentou notas de aroma herbáceos e pungente.

**Palavras-chave:** *Vitis vinifera*; cobertura plástica, tela antigranizo; cromatografia a gás; espectrometria de massa.

**CHARACTERIZATION OF CABERNET SAUVIGNON GRAPES AND WINES IN  
PROTECTED CULTURE SYSTEMS IN ALTITUDE REGION OF THE STATE OF  
SANTA CATARINA**

**ABSTRACT**

The municipality of São Joaquim has high rainfall during the grape maturation and harvest period, in addition to the risk of frost and hail, which compromises the quality of the fruit. To control these adversities one of the options is the use of covers, mainly to minimize the effects of high precipitation during maturation. Thus, the present research aimed to evaluate the influence of protected cultivation on Cabernet Sauvignon grape and elaborated wine. The evaluated treatments were the following: control, with transparent plastic cover and cover with white hail screen. The experiment was implemented in the city of São Joaquim-SC, located in a commercial vineyard, at an altitude of 1256 m, following a completely randomized design, with five replications, with two plants/replication, in the 2018/19 and 2019/20 harvests. Grapes and wines were characterized physiochemically, as well as phenolic compounds and antioxidant activity. The quantification of phenolic compounds by High Performance Liquid Chromatography (HPLC/UV-Vis) and the extraction of the main volatile compounds, from grapes and wine, by solid phase microextraction (SPME), separation and identification of the compounds were also carried out. volatiles of grapes and wines of the variety evaluated by Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC/MS). The temperature and time of capture of volatiles, by SPME, present in the headspace of the sample were optimized using a  $2^2$  factorial design, with four axial points and three repetitions of the central point (DCCR), totaling 11 tests. The optimized condition was determined by the time and temperature that maximized the adsorption of the volatile compounds of interest. The identification of volatiles was performed by comparing the mass spectra obtained with those available at the National Institute of Standards and Technology (NIST) library and using the Kovats retention index. The results showed that the Plastic cover provided a higher concentration of soluble solids. There was no significant difference between treatments for phenolic compounds and antioxidant activity in grapes. In the treatment with plastic cover, the wine showed the lowest concentration of phenolic compounds and antioxidant activities, and in the treatment with anti-hail screen cover, only a lower antioxidant activity. The wine in the control treatment obtained the highest total concentration of flavonoids. The analysis of volatile compounds showed that grapes and wines in the control and under plastic cover presented notes of fruity, floral, and herbaceous

aromas; the treatment under anti-hail screen coverage presented notes of herbaceous and pungent aroma.

**Keywords:** *Vitis vinifera*; plastic cover, anti-hail net; gas chromatography; mass spectrometry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Indicações Geográficas (IGs) de vinhos do Brasil e respectivas associações de produtores gestoras .....	33
Figura 2- Estadios fenológicos da videira .....	36
Figura 3- Estrutura de uma baga de uva madura seccionada ao longo do eixo.....	38
Figura 4- Fases do desenvolvimento da uva.....	40
Figura 5- Estrutura dos principais compostos flavonoides.....	42
Figura 6- Estrutura dos principais compostos não-flavonoides. ....	43
Figura 7- Representação das unidades de um cromatógrafo líquido de alta eficiência.....	49
Figura 8- Principais precursores e vias de formação de compostos voláteis.....	52
Figura 9- Esquema de um cromatógrafo a gás .....	59
Figura 10- Sistema de isolamento dos compostos voláteis extraído da uva e vinho, utilizando-se a técnica <i>HS-SPME</i> .....	81
Figura 11- Uvas variedade <i>Cabernet Sauvignon</i> , tratamentos: controle, com cobertura plástica transparente e com cobertura com tela antigranizo branca.....	88
Figura 12- Uvas variedade <i>Cabernet Sauvignon</i> , tratamentos: controle, com cobertura plástica transparente e com cobertura com tela antigranizo branca.....	89
Figura 13- Determinação dos compostos bioativos e atividade antioxidante em bagas de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> safra 2019 cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.....	94
Figura 14- Determinação dos compostos bioativos e atividade antioxidante em de bagas de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> safra 2020 cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo. ....	95
Figura 15- Cromatograma dos compostos fenólicos na uva <i>Cabernet Sauvignon</i> verificados no tratamento com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade.....	97
Figura 16- Diagrama de Pareto para os efeitos do tempo e temperatura de exposição da fibra <i>SPME</i> sobre a número de compostos identificados.....	102
Figura 17- Diagrama de Pareto para os efeitos do tempo e temperatura de exposição da fibra <i>SPME</i> sobre o somatório de abundância dos picos da classe química das cetonas. ....	103
Figura 18- Diagrama de Pareto para os efeitos do tempo e temperatura de exposição da fibra <i>SPME</i> sobre o somatório de abundância dos picos da classe química dos ácidos. ....	103

Figura 19- Superfície de resposta e curva de contorno para os efeitos dos tempos e temperaturas de exposição da fibra <i>SPME</i> sobre o número de compostos identificados (A e B). ....	105
Figura 20- Superfície de resposta e curva de contorno para os efeitos dos tempos e temperaturas de exposição da fibra <i>SPME</i> sobre a somatória da abundância dos picos das cetonas (A e B). ....	105
Figura 21- Superfície de resposta e curva de contorno para os efeitos dos tempos e temperaturas de exposição da fibra <i>SPME</i> sobre a somatória da abundância dos picos dos ácidos (A e B). ....	106
Figura 22- Teores de compostos bioativos e atividade antioxidante dos vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> Safra 2019 cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo. ....	116
Figura 23- Teores de compostos bioativos e atividade antioxidante em vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> safra 2020 cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo. ....	118
Figura 24- Cromatograma do ácido málico e tartárico presentes nos vinhos elaborados. ....	120
Figura 25- Teores de ácido málico e tartárico presentes nos vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo. ....	121
Figura 26- Teores de ácidos málico e tartárico presentes nos vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo. ....	122
Figura 27- Cromatograma dos compostos fenólicos nos vinhos elaborados. ....	124

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores codificados e reais utilizados no DCCR para a otimização das condições de isolamento de compostos voláteis das uvas.....	82
Tabela 2- Níveis codificados e reais de cada ensaio do DCCR utilizado para a otimização das condições de isolamento de compostos voláteis das uvas.....	82
Tabela 3- Caracterização físico-químicas de bagas de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.....	90
Tabela 4- Caracterização físico-química de bagas de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.....	91
Tabela 5- Determinação de compostos fenólicos em bagas de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.....	98
Tabela 6- Determinação de compostos fenólicos presentes em bagas de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.....	100
Tabela 7- Efeito do tempo e exposição da fibra <i>SPME</i> sobre o número total de compostos voláteis e as abundâncias total e das classes químicas de compostos voláteis de interesse.....	101
Tabela 8- Probabilidades de significância (p) dos valores de F obtidos pela ANOVA dos dados de abundância total de cada grupo de voláteis estudado, para os efeitos lineares e quadráticos do tempo e temperatura de exposição da fibra <i>SPME</i> ao <i>headspace</i> da uva <i>Cabernet Sauvignon</i> .....	104
Tabela 9- Modelos preditivos e respectivas estatísticas associando os efeitos de tempo e temperatura de exposição da fibra <i>SPME</i> ao <i>headspace</i> da uva <i>Cabernet Sauvignon</i> , sobre a abundância total de cada grupo de voláteis estudados.....	104
Tabela 10- Abundâncias preditas e obtidas experimentalmente nas condições ótimas de tempo e temperatura de exposição da fibra <i>SPME</i> ao <i>headspace</i> da uva <i>Cabernet Sauvignon</i> determinadas pela Metodologia de Superfície de Resposta associada à adsorção de compostos de compostos de interesse.....	107
Tabela 11- Compostos voláteis identificados nas bagas de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de	

baixa densidade e tela antigranizo, agrupados de acordo com a classe química, com seus respectivos índices de retenção linear encontrados experimentalmente (IR exp.) e na literatura (IR lit.), % de área relativa (% Área) e abundância no cromatograma, e descrição do aroma conforme consta na literatura.....	109
Tabela 12- Compostos voláteis identificados nas bagas de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo, agrupados de acordo com a classe química, com seus respectivos índices de retenção linear encontrados experimentalmente (IR exp.) e na literatura (IR lit.), % de área relativa (% Área) e abundância no cromatograma, e descrição do aroma conforme consta na literatura.....	112
Tabela 13- Parâmetros de qualidade dos vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo. ....	114
Tabela 14- Parâmetros de qualidade dos vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo. ....	115
Tabela 15- Determinação de compostos fenólicos presentes nos vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo. ....	125
Tabela 16- Determinação de compostos fenólicos presentes dos vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo. ....	126
Tabela 17- Compostos voláteis identificados nos vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo, agrupados de acordo com a classe química, com seus respectivos índices de retenção linear encontrados experimentalmente (IR exp.) e na literatura (IR lit.), % de área relativa (% Área) e Abundância no cromatograma, e descrição do aroma conforme consta na literatura. ....	130
Tabela 18- Compostos voláteis identificados nos vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo, agrupados de acordo com a classe química, com seus respectivos índices de retenção linear encontrados experimentalmente (IR exp.) e na literatura (IR lit.), % de área relativa (% Área) e	

abundância no cromatograma, e descrição do aroma conforme consta na literatura.

..... 133

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATT - Acidez total titulável

B.O.D - Demanda Bioquímica de Oxigênio

CLAE - Cromatografia líquida de alta eficiência

DO - Denominação de Origem

EM - Espectrômetro de massas

ERO - Espécies reativas de oxigênio

GC - Cromatografia a gás

GD – Graus- dia

ha - Hectare

HCl - Ácido clorídrico

HPLC - *High performance liquid chromatography*

IG - Indicações Geográficas

IK - Índice de Kovats

IP - Indicação de Procedência

IR - Índice de retenção

LDL - *Low density lipoprotein* (lipoproteína de baixa densidade)

LPI - Lei de Propriedade Industrial

LTPRI - *Linear temperature programmed retention indexes* (índices de retenção com programação linear de temperatura)

M - Molar

N - Normal

NI - Não identificado

NIST - *National Institute of Standards and Technology*

PEBD - Polietileno de baixa densidade

PT- Polifenóis totais

SPME - *Solid phase microextraction*

SST - Sólidos solúveis totais

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>ASPECTO DE PRODUÇÃO EM VINHEDOS DE ALTITUDE E CULTIVO PROTEGIDO .....</b>	<b>25</b>
2.1	ASPECTOS BOTÂNICOS DE <i>Vitis vinifera L.</i> .....	29
2.1.1	<b>Variedade <i>Cabernet Sauvignon</i> .....</b>	<b>30</b>
2.2	INFLUÊNCIA DO CLIMA NO DESENVOLVIMENTO DA VIDEIRA .....	30
2.3	<b>TERROIR BRASILEIRO .....</b>	<b>32</b>
2.4	FENOLOGIA DA VIDEIRA.....	35
2.5	A UVA .....	37
2.5.1	<b>A constituição da uva.....</b>	<b>37</b>
2.5.2	<b>Desenvolvimento e maturação da uva.....</b>	<b>39</b>
2.6	COMPOSTOS FENÓLICOS DE UVAS E VINHOS .....	41
2.6.1	<b>Compostos flavonoides .....</b>	<b>43</b>
2.6.1.1	Flavonóis .....	44
2.6.1.2	Antocianinas .....	44
2.6.1.3	Flavan-3-óis .....	45
2.6.1.4	Compostos não-Flavonoides .....	45
2.6.1.5	Ácidos fenólicos.....	46
2.6.1.6	Estilbenos .....	46
2.7	EFEITOS BENÉFICOS DO CONSUMO DE VINHOS.....	47
2.8	ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS REALIZADAS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS.....	48
2.8.1	<b>Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).....</b>	<b>48</b>
2.9	COMPOSTOS VOLÁTEIS ENVOLVIDOS NO AROMA DE VINHOS .....	50
2.9.1	<b>Compostos voláteis originários da uva.....</b>	<b>51</b>
2.9.2	<b>Terpenos.....</b>	<b>52</b>
2.9.3	<b>Norisoprenóides.....</b>	<b>53</b>

<b>2.9.4</b>	<b>Compostos voláteis responsáveis pelo aroma pré-fermentativo .....</b>	<b>53</b>
<b>2.9.5</b>	<b>Compostos voláteis originados na fermentação .....</b>	<b>53</b>
<b>2.9.6</b>	<b>Álcoois .....</b>	<b>54</b>
<b>2.9.7</b>	<b>Ácidos .....</b>	<b>55</b>
<b>2.9.8</b>	<b>Ésteres .....</b>	<b>55</b>
<b>2.9.9</b>	<b>Compostos carbonilados – aldeídos e cetonas .....</b>	<b>56</b>
2.10	TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS .....	56
2.11	TÉCNICAS DE DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS .....	59
2.12	IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS VOLÁTEIS .....	60
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>62</b>
<b>3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DE UVAS E VINHOS <i>CABERNET SAUVIGNON</i> EM SISTEMAS DE CULTIVO PROTEGIDO EM REGIÃO DE ALTITUDE DO ESTADO DE SANTA CATARINA. ....</b>	<b>75</b>
3.1	Material e métodos.....	75
3.2	Elaboração dos vinhos .....	75
3.3	Determinação da composição centesimal da uva.....	76
3.4	Determinação dos compostos bioativos e atividade antioxidante da uva .....	77
3.5	Determinação de compostos fenólicos presentes nas uvas utilizando CLAE.....	79
<b>3.5.1</b>	<b>Padrões e reagentes.....</b>	<b>79</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Análise CLAE/UV-VIS .....</b>	<b>80</b>
3.6	Perfil de compostos voláteis .....	80
3.7	Otimização das condições de isolamento dos compostos voláteis .....	80
3.8	Determinação da composição centesimal dos vinhos elaborados.....	84
3.9	Determinação dos compostos bioativos e atividade antioxidante dos vinhos elaborados .....	84
3.10	Extração e quantificação de ácidos orgânicos dos vinhos por CLAE.....	85
3.11	Determinação de compostos fenólicos presentes nos vinhos utilizando CLAE .....	85
3.12	Perfil de compostos voláteis dos vinhos elaborados .....	86
3.13	Análise Estatística .....	86

<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>87</b>
4.1	Uvas variedade <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo nas safras 2018/19 e 2019/2020. ....	87
4.1.1	Determinação da composição centesimal da uva na variedade <i>Cabernet Sauvignon</i> nas safras 2018/19 e 2019/2020.....	90
4.1.2	Determinação dos compostos bioativos e atividade antioxidante da uva na variedade <i>Cabernet Sauvignon</i> nas safras 2018/19 e 2019/2020.....	93
4.1.3	Determinação de compostos fenólicos presentes na uva na variedade <i>Cabernet Sauvignon</i> nas safras 2018/19 e 2019/2022 utilizando CLAE.....	96
4.1.4	Otimização das condições de isolamento dos compostos voláteis .....	101
4.1.5	Perfil de compostos voláteis uva na variedade <i>Cabernet Sauvignon</i> nas safras 2018/19 e 2019/2020.....	107
4.2	Vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo na safra 2019/2020 .....	114
4.2.1	Determinação da composição centesimal dos vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo na safra 2019/2020.....	114
4.2.2	Determinação dos compostos bioativos e atividade antioxidante dos vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo na safra 2019/2020 .....	116
4.2.3	Extração e quantificação de ácidos orgânicos dos vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo na safra 2019/2020 por CLAE.....	120
4.2.4	Determinação de compostos fenólicos presentes nos vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com	

	<b>cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo na safra 2019/2020 utilizando CLAE.....</b>	<b>123</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Perfil de compostos voláteis presentes nos vinhos elaborados de uvas <i>Cabernet Sauvignon</i> cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo na safra 2019/2020 .....</b>	<b>129</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>137</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>139</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>141</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O Estado de Santa Catarina tem se destacado no cenário nacional pelo potencial na produção de vinhos finos de qualidade, em função da altitude. No entanto, algumas regiões de Santa Catarina, como o município de São Joaquim, apresentam elevada pluviosidade no período de maturação e colheita, além de riscos de ocorrência de geadas e granizos, o que compromete a qualidade da uva. As regiões produtoras situam-se entre as latitudes 26 ° e 28 ° S e entre as longitudes 50 ° e 52 ° O, com altitude variando entre 900 e 1.400 metros. Esta região produtora está voltada exclusivamente ao cultivo de variedades de *Vitis vinifera*, para a produção de vinhos finos.

As condições climáticas particulares de algumas regiões de Santa Catarina, podem ser cultivadas variedades de *Vitis vinifera*, as quais atingem índices de maturação que permitem fornecer matéria prima para a elaboração de vinhos diferenciados por sua intensa coloração, definição aromática e equilíbrio gustativo (ROSIER, 2003; FALCÃO *et al.*, 2008; GRIS *et al.*, 2010). O processo de maturação das uvas é de extrema importância para a qualidade dos vinhos, pois neste período a qualidade enológica é determinada, já que é neste estádio fenológico que ocorre a síntese ou a translocação de compostos para as bagas, tais como: açúcares, terpenos, antocianinas, taninos, ácidos orgânicos, entre outros. Entretanto, no período de maturação também podem ocorrer injúrias ocasionadas por pragas ou doenças, as quais poderão interferir na composição físico-química das bagas (CONDE *et al.*, 2007).

A utilização de cobertura é uma opção para o controle de adversidades climáticas como chuvas, geadas, ventos, granizo, insolação excessiva nos cachos e frio intenso, principalmente, para evitar o excesso de precipitação durante a maturação. De modo geral, pode-se dizer que a qualidade da uva de mesa e da uva para vinificação no Brasil e, consequentemente, a qualidade dos vinhos, está muito atrelada às variações climáticas que ocorrem entre localidades e, principalmente, entre safras (MANDELLI, 2002; TONIETTO, 2003).

O cultivo protegido tem sido uma estratégia importante na agricultura, permitindo incrementos de produção e qualidade das culturas, quando se esgotam as tentativas convencionais de manejo (ARAÚJO; CASTELLANE, 1996; DETONI *et al.*, 2007). A escolha adequada de plásticos e telas de sombreamento requer conhecimento das características e funções de cada um desses materiais, pois os efeitos do cultivo protegido dependem das características dos materiais de cobertura, além da variedade, do manejo fitotécnico e fitossanitário e do mesoclima de cada local (ROBERTO *et al.*, 2011). As condições climáticas de uma pequena superfície são conhecidas como microclima, que afetam diretamente o

vinhedo, sendo determinado principalmente pelo desenvolvimento vegetativo das plantas e pelas práticas de manejo adotadas (BONNARDOT *et al.*, 2001; JACKSON, 2001; TONIETTO & MANDELI, 2003).

A cobertura plástica proporciona uma maior amplitude térmica diária, que pode ser benéfica para a evolução bioquímica do processo de maturação da uva (SANTOS & CHAVARRIA, 2012), sendo que o maior acúmulo térmico diário favorece a antecipação do processo de maturação (MULLINS *et al.*, 1992). Pesquisas realizadas mostram que uvas conduzidas em cultivo protegido melhoram a condição fitossanitária, reduzindo a incidência de podridões nos cachos causada por fungos, diminuindo as perdas e incrementando a qualidade do produto, com maior estabilidade na produção devido a padronização em relação ao tamanho dos cachos e bagas das variedades (CHAVARRIA *et al.*, 2011).

Chavarria *et al.* (2009) em seus estudos verificou que a cobertura plástica causa uma importante interferência no microclima do dossel vegetativo e nos cachos, influenciando na maturação das uvas. Devido a diminuição da radiação fotossinteticamente ativa, há um decréscimo no acúmulo de açúcares, sendo assim as uvas sob cobertura plástica devem ser colhidas posteriormente àquelas do cultivo convencional.

A utilização de telas抗granizo, pode reduzir a incidência de doenças, em função da redução dos danos mecânicos ocasionados pela ocorrência de granizo e pelo impacto dos frutos com as estruturas vegetativas da planta, em virtude da menor velocidade do vento no interior do pomar (IGLESIAS; ALEGRE, 2006). As telas抗granizo podem também reduzir a incidência de doenças, pelo menor impacto da gota da chuva sobre os tecidos da planta, reduzindo assim a disseminação do patógeno (AMARANTE *et al.*, 2011).

O sistema de cultivo protegido é bastante eficiente no cultivo de uva de mesa e mais recentemente alguns produtores estão investindo na cobertura de vinhedos para produção de vinho fino, com o propósito da melhoria na qualidade. Já que o cultivo de uvas viníferas utilizando a cobertura é muito recente em Santa Catarina, destaca-se a importância de pesquisar a influência do uso de telas e coberturas plásticas sobre a qualidade enológica da uva e do vinho quando conduzida em ambiente protegido, realizando assim a caracterização da uva e vinhos produzidos com a variedade *Cabernet Sauvignon*, na região de altitude no Estado de Santa Catarina.

Este trabalho foi concebido tendo como base as seguintes hipóteses: a) O cultivo protegido afeta as características físico-químicas, teor de compostos bioativos e atividade antioxidante da variedade *Cabernet Sauvignon*. b) O cultivo protegido influencia no perfil de

compostos fenólicos e compostos voláteis dos vinhos produzidos nesses sistemas. c) O que influência a qualidade enológica, como os compostos fenólicos e compostos voláteis.

Os objetivos do trabalho foram: a) Avaliar a influência do cultivo protegido sobre a qualidade enológica da vinífera *Cabernet Sauvignon* e vinhos produzidos com a mesma, e avaliando os seguintes tratamentos: controle, com cobertura plástica transparente e com cobertura com tela antigranizo branca, na região de altitude no Estado de Santa Catarina; b) Determinar as características físico-químicas; e o teor de compostos bioativos e atividade antioxidante; c) Quantificar os compostos fenólicos e ácidos orgânicos presentes nos vinhos, por sistema de CLAE/UV-Vis; d) Otimizar as condições de isolamento dos compostos voláteis pela técnica *headspace* e micro-extração em fase sólida (*HS-SPME*); e) Separar e identificar os compostos voláteis dos vinhos da variedade estudada pela cromatografia a gás e espectrometria de massa (CG/EM).

A tese está dividida em dois capítulos, onde o primeiro capítulo apresenta uma breve revisão bibliográfica e o segundo traz a parte experimental que relata os resultados da pesquisa.

## 2 ASPECTO DE PRODUÇÃO EM VINHEDOS DE ALTITUDE E CULTIVO PROTEGIDO

No Brasil as áreas destinadas à vitivinicultura em 2021 ocupam uma extensão de 75.007 ha, 0,24% inferior à verificada no ano anterior, IBGE (2022). A área com viticultura se concentra na Região Sul, que representou 73% da área total do Brasil, em 2021. O Rio Grande do Sul é o principal produtor, acumulando 62,41% da área vitícola nacional, o que corresponde a 46.815 ha. O estado de Santa Catarina apresentou uma área de 3.940 ha e o Paraná 4.000 ha. Os três estados do Sul apresentaram estabilidade na área cultivada no ano de 2021 (MELLO *et al.*, 2022).

A produção nacional de uvas destinadas ao processamento (vinho, suco e derivados) foi estimada em 816.07 milhões de quilos, representando 48,07% da produção total, enquanto a maior parte da produção (51,93%) destinou-se ao consumo *in natura* (MELLO *et al.*, 2022).

O cultivo da videira, nas diversas regiões do mundo, está condicionado à temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar e disponibilidade hídrica no solo, que influenciam a produtividade e a qualidade da uva e consequentemente dos vinhos (JONES; DAVIS, 2000). Conforme Tonietto e Mandelli (2003), a viticultura mundial destinada à agroindústria está concentrada entre 30° e 50° de latitude Norte e entre 28° e 45° de latitude Sul, e os principais climas ocorrentes são do tipo temperado, tipo mediterrâneo e climas com diferentes níveis de aridez. No Brasil, os tipos de clima ocorrentes nas regiões vitivinícolas produtoras de vinhos finos com uma colheita anual são de tipo temperado e subtropical.

O clima ideal para a videira é o que apresenta invernos frios e verões secos e quentes. Um clima úmido favorece doenças fúngicas para as quais a videira apresenta grande sensibilidade (WINKLER *et al.*, 1974). A temperatura influencia diretamente no desenvolvimento da videira, a altitude do local também é um fator que influencia diretamente nas características das uvas e vinhos (FALCÃO, 2007; FALCÃO *et al.*, 2008b). Segundo Tonietto e Mandelli (2003), o efeito mais importante da altitude para a viticultura é o térmico, pois 100 metros de elevação representam uma diminuição de aproximadamente 0,6 °C na temperatura média do ar. Em regiões de maior altitude, a maturação das uvas é mais tardia.

Santa Catarina é o quinto estado em área plantada com uvas no Brasil, porém ocupa o sexto lugar na produção de uvas. Ainda assim, é o segundo estado produtor de vinhos (MELLO, 2022). A produção de videiras está concentrada na região do Vale do Rio do Peixe, que é responsável por cerca de 63% da produção de uva e vinho no Estado (Epagri/CEPA, 2022). As

uvas são destinadas à elaboração de vinhos e de sucos, e uma pequena porcentagem vão para o consumo *in natura*. Outra região que tem se destacado no cenário nacional pelo potencial na produção de vinhos finos de qualidade, em função da altitude, é a região de São Joaquim, localizada no Planalto Sul de Santa Catarina, em altitudes que variam de 800 a 1400 m, na latitude 28 ° S, com vinhedos implantados em altitudes entre 900 e 1400 m, e caracterizando dessa forma por apresentar as maiores altitudes da vitivinicultura brasileira. Nessa região as temperaturas médias mais baixas criam condições especiais para a vitivinicultura de variedades *Vitis vinifera* (ROSIER, 2006; FALCÃO *et al.*, 2008a).

São Joaquim difere-se de outras regiões vinícolas do Brasil, sobretudo, por apresentar clima vitícola mais frio em relação às demais regiões brasileiras. Em consequência desse regime térmico, a duração do período que vai da brotação à colheita das uvas é maior em São Joaquim, quando comparado com outras regiões vitícolas brasileiras (BRIGHENTI; TONIETTO, 2004; FALCÃO, 2007).

No entanto, algumas regiões de Santa Catarina, como o município em estudo, apresentam elevada pluviosidade no período de maturação e colheita, o que favorece a ocorrência de doenças fúngicas em folhas e frutos, exigindo assim um elevado número de aplicações de fungicida para o seu controle. Além disso, as chuvas de verão, de origem convectiva, quando acompanhadas de granizo, trazem grandes prejuízos à videira, danificando as folhas e os frutos, havendo muitas vezes a necessidade do uso de cobertura com telado para proteção das plantas (PEDRO JUNIOR; SENTELHAS, 2003). Assim, a cobertura plástica dos vinhedos surge como uma opção para o controle destas adversidades climáticas, principalmente, para minimizar os efeitos do excesso de precipitação durante a maturação das uvas (FERNANDES, 2014).

A adoção de cultivos protegidos tem sido uma forma de melhorar a qualidade de diversos produtos agrícolas, mediante alterações micrometeorológicas. Condições de radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar podem ser modificadas pelo uso de coberturas de plástico. Na agricultura contemporânea, com o avanço no conhecimento científico e técnico, as práticas de manejo têm sido aprimoradas para cada cadeia produtiva, permitindo grandes conquistas, que vão desde incrementos em quantidade e qualidade de produção em regiões tradicionais de cultivo até a expansão das áreas de cultivo para regiões não tradicionais, adequando os limites dos genótipos à realidade ambiental de cada local. Entre esses avanços, destaca-se o desenvolvimento do cultivo protegido no Brasil, no início na década de 1980, adotando os benefícios do uso de filmes plásticos para o controle microclimático dos plantios (MULLINS *et al.*, 1992).

O cultivo protegido no Brasil foi primeiramente adotado na produção de morango, flores e hortigranjeiros, proporcionando grandes benefícios em qualidade e garantia de produção (SGANZERLA, 1995). Essa técnica propiciou manipulações microclimáticas que permitiram a extensão territorial e temporal de cultivos, aumentando a oferta de produtos em locais e estações do ano que eram considerados inviáveis para cultivo convencional. Com o desenvolvimento industrial de novos tipos de plásticos para uso agrícola, surgiram novas possibilidades de coberturas plásticas, tais como as lonas impermeabilizadas para proteção de cultivos (CHAVARRIA *et al.*, 2012).

A proteção plástica exerce uma grande influência sobre a área de cultivo, a qual pode promover consequências positivas e negativas sobre as plantas e sobre o manejo fitossanitário e fitotécnico. Fatores físicos, químicos e biológicos de um determinado local exercem grande influência sobre a qualidade e produtividade que um genótipo pode atingir. Dentre esses fatores, existem aqueles de ação direta, como a radiação solar, temperatura, água, nutrição e presença de pragas e doenças; e aqueles de ação indireta, exemplificados pela latitude, longitude e textura do solo (ALVIM, 1962, *apud* CHAVARRIA *et al.*, 2012). No âmbito das plantas, os fatores de ação direta constituem o microclima e, com a intervenção das técnicas de cultivo, podem ser modulados para que as plantas possam expressar o máximo potencial genético.

Os efeitos do cultivo protegido dependem das características dos materiais de cobertura, da variedade, do manejo fitotécnico e fitossanitário e do mesoclima de cada local, assim o cultivo protegido tem sido uma estratégia importante na agricultura, permitindo incrementos de produção e qualidade das culturas, quando se esgotam as tentativas convencionais de manejo (ARAÚJO; CASTELLANE, 1996; DETONI *et al.*, 2007). Pesquisas mostram que alterações microclimáticas impostas pela cobertura são promissoras no manejo de doenças fúngicas, principalmente em regiões que ocorre excesso de chuva durante o período de produção e maturação (CHAVARRIA *et al.*, 2012).

O cultivo protegido consiste em uma técnica que possibilita certo controle de variáveis climáticas como temperatura, umidade do ar, radiação solar e vento, fazendo uso de coberturas plástica ou de telas antigranizo. Já o sistema convencional é feito a céu aberto, também denominado cultivo convencional, ou sistema tradicional de cultivo (MANDELLI, 2002; CHAVARRIA *et al.*, 2012; FERNANDES, 2014).

O sistema de condução da videira é extremamente importante, levando-se em consideração a questão relacionada à qualidade do fruto que irá ser formado, deste modo, uma das principais características é o manejo do dossel das plantas que permita uma melhor utilização da radiação solar e penetração da luz na zona de frutificação (SONG *et al.*, 2015).

Segundo Sun *et al.* (2011), a exposição solar quando não excessiva e climas quentes, tende a melhorar as características das uvas e permitir um sabor modificado à qualidade potencial do vinho. E para a determinação de compostos responsáveis pela qualidade da uva, como aumento na quantidade de açúcares, sólidos solúveis, acidez titulável (SMART *et al.*, 1990) e a formação de compostos aromáticos varietais a exemplo dos monoterpenos (LEE *et al.*, 2007).

Segundo Detoni *et al.* (2007) a redução da radiação solar, não afeta a quantidade de açúcares presentes nas bagas. No entanto Chavarria *et al.* (2013) observaram para a *Cabernet Sauvignon* maiores valores de pH e acidez titulável, quando as uvas são submetidas a essas condições. A cobertura plástica pode também alterar a disponibilidade hídrica das plantas, pois o déficit hídrico na fase antes da maturação afeta de maneira negativa, enquanto na fase de maturação melhora a composição das bagas (BORGHEZAN *et al.*, 2011).

Esses processos estão diretamente relacionados à qualidade do produto para a produção de vinhos de excelência ao mercado consumidor. Em São Joaquim, durante a maturação das uvas, as temperaturas noturnas amenas retardam o amadurecimento dos frutos, reduzem o crescimento das plantas e influenciam no metabolismo, prolongando o ciclo e possibilitando a colheita tardia. Esse fato permite uma ótima maturação, principalmente fenólica (ROSIER, 2006; FALCÃO *et al.*, 2008a). A maturação da uva na região de São Joaquim ocorre nos meses de março a maio, período em que há menor disponibilidade de uvas no mercado, maior sanidade e melhor qualidade enológica (BRINGHENTI *et al.*, 2015).

Porém o sistema convencional é um entrave para a estabilidade da produção de uvas, pois o uso de sistema descoberto de vinhas faz com que as plantas apresentem uma maior incidência de doenças no período de colheita, necessitando de maior intervenção com pulverizações nas áreas de produção (CHAVARRIA *et al.*, 2009). Outro fator importante está relacionado à época de maturação das uvas, pois coincide com o período chuvoso. Tal condição faz com que a qualidade do produto seja depreciada, prejudicando o acúmulo de açúcares, e redução da quantidade de ácidos orgânicos e maturação fenólica da uva, resultando em vinhos pouco encorpados e escassa condição de envelhecimento (REGINA *et al.*, 2010).

Na uva, os compostos fenólicos estão presentes principalmente na casca e na semente. Conforme Deloire *et al.* (1998) a videira sintetiza polifenóis como defesa a situações adversas ou ao estresse; esta resposta metabólica ocorre quando a planta é submetida a um estresse do tipo biótico (ataque de fungos), ou a um estresse abiótico (déficit hídrico, radiação ultravioleta, variações de temperatura). Nos vinhos, esses compostos constituem um parâmetro de qualidade devido à sua contribuição para as características organolépticas, particularmente para a cor (antocianinas), para as sensações gustativas, particularmente a adstringência e o amargor

(ácidos fenólicos e flavan-3-óis) (ROBICHAUD; NOBLE, 1990). Segundo Guerra (1997) esses compostos também têm importância fundamental na longevidade de vinhos tintos. A evolução dessas moléculas durante a vinificação influí diretamente ou indiretamente nas características dos vinhos, definindo grande parte de sua estrutura, sua cor, suas propriedades antioxidantes e seus efeitos benéficos para a saúde humana.

Considerando, que o Brasil vem se consolidando a cada dia no mercado de vinhos, e com potencial para desenvolvimento e crescimento, o atual cenário na região de São Joaquim - SC, vem se destacando na expansão de mercado, com a diversificação da sua economia, mostrando-se uma região promissora na produção de *Vitis vinifera*, tendo como objetivo produzir vinhos finos de qualidade e aumentar a competitividade do vinho brasileiro (FALCÃO *et al.*, 2008a).

## 2.1 ASPECTOS BOTÂNICOS DE *Vitis vinifera* L.

A videira pertence à família *Vitaceae*. Essa família é constituída de 700 espécies, divididas em 12 gêneros e distribui-se nas regiões tropicais e subtropicais do planeta e em algumas áreas temperadas, como o vale do Reno, na Europa (GIOVANNINI; MANFROI, 2009). A maior parte dos membros dessa família são espécies trepadeiras, dotadas de gavinhas (brotos ou inflorescências modificadas, que podem ter ventosas na extremidade). Vários gêneros são ornamentais, como *Cissus*, *Parthenocissus* e *Vitis*. No gênero *Vitis*, as gavinhas crescem inserindo-se nas fendas da estrutura que a suporta, devido ao fototropismo negativo. Uma vez inseridas, estas intumescem e aderem-se ao suporte, mantendo a planta erguida (POMMER, 2003).

O gênero *Vitis* é o principal representante dessa família, devido à importância econômica da uva, largamente consumida *in natura* ou empregada como matéria prima para a elaboração de sucos, vinhos, uvas passas, geleias etc. A espécie mais cultivada é a *Vitis vinifera* originária da Europa. Outra espécie importante é a *Vitis labrusca* originária dos Estados Unidos (JOHNSON *et al.*, 2014). A videira (*Vitis vinifera* L.) é uma planta trepadeira com gavinhas, lenhosa e de porte arbustivo, suas folhas são alternas, pecioladas, cordiformes, com cinco lóbulos sinuados dentados, glabras na parte superior e tomentosas na parte inferior. As flores são pequenas e de cor branco esverdeada, dispostas em racimos. Os frutos são bagas reunidas em cachos, que contém as sementes, variando de cor de acordo com o tipo de uva (RAVEN *et al.*, 2001).

### **2.1.1 Variedade *Cabernet Sauvignon***

A uva *Cabernet Sauvignon*, originária da região de Bordeaux/França, está atualmente difundida na maior parte dos países vitivinícolas. É uma variedade de brotação e de maturação tardia, relativamente vigorosa, com ramos novos de porte ereto, de média produção e elevada qualidade para vinificação (GIOVANNINI; MANFROI, 2009). A uva apresenta cachos soltos e bagas de casca grossa que a tornam resistente à podridão do cacho, além de ser conhecida por sua excelente cor e bom tanino, tem gosto particular, com sabor complexo, é uma variedade destinada à elaboração de vinho tinto de guarda ou jovem. Embora a variedade *Cabernet Sauvignon* tenha sido introduzida no Brasil em 1921, foi somente depois de 1980 que houve incremento de seu plantio na Serra Gaúcha, Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul e região de altitude em Santa Catarina (RIZZON, 2002).

## **2.2 INFLUÊNCIA DO CLIMA NO DESENVOLVIMENTO DA VIDEIRA**

Os fatores físicos, químicos e biológicos de um determinado local exercem grande influência sobre a qualidade e produtividade que um genótipo pode atingir. Dentre esses fatores, existem aqueles de ação direta, como a radiação solar, temperatura, água, nutrição e incidência de pragas e doenças; e aqueles de ação indireta, exemplificados pela latitude, longitude e textura do solo (ALVIM, 1962, *apud* CHAVARRIA *et al.*, 2012).

O macroclima caracteriza o clima de uma região, se estendendo por centenas de quilômetros e deve ser avaliado por um longo período (geralmente 30 anos ou mais), exigindo dados anuais, sazonais ou mensais de um conjunto de postos meteorológicos para sua caracterização. E tem influência na posição geográfica (latitude) e pela proximidade de grandes volumes d'água, que moderam o clima. O tempo pode diferir a cada ano, mas a situação climática de um longo período é relativamente estável, por exemplo, em relação a temperaturas e índice pluviométrico. O macroclima de uma região se aproxima das características mesoclimáticas dos vinhedos (BONNARDOT *et al.*, 2001).

Conhecido como clima local, o mesoclima corresponde a uma situação particular do macroclima. Normalmente é possível caracterizar um mesoclima através dos dados de uma estação meteorológica; este descreve o clima dentro de áreas menores, que se estende a distâncias, que podem variar de menor do que um quilômetro (ex.: vinhedos) à hectares (ex.: distritos) e normalmente são dados utilizados para avaliações de períodos mais curtos. O

mesoclima é influenciado por fatores topográficos de elevação (altitude), inclinação e de acordo com a proximidade de volumes d'água (BONNARDOT *et al.*, 2001).

Entretanto o microclima é o clima observado dentro ou ao redor de um vinhedo (microclima natural - superfícies de 10 m a 100 m e microclima da planta - na própria videira). Este é influenciado para que possam expressar o máximo potencial genético bem como, pelo vigor de crescimento da videira, por práticas culturais e de manejo do vinhedo (orientação e distanciamento das plantas, tipo de porta-enxerto, área foliar etc.) (CARBONNEAU, 1984).

A videira é uma planta exigente em temperatura, e tem a necessidade de uma quantidade constante de energia para completar as diferentes fases de seu desenvolvimento, desde a brotação até a colheita, sendo essa energia denominada de unidade térmica ou soma térmica. Essa quantidade de energia é expressa em graus-dias (GD) acumulados, que representa o acúmulo ou a soma de calor efetivo equivalente à soma das temperaturas médias diárias acima da temperatura-base ( $10^{\circ}\text{C}$ ) para o período considerado, sendo que o desenvolvimento vegetativo da videira não ocorre quando a temperatura mínima é inferior a  $10^{\circ}\text{C}$  (WINKLER, 1974). A caracterização das exigências térmicas da videira mediante o conceito de GD é utilizada por vários autores (MURAKAMI *et al.*, 2002; LEÃO; SILVA, 2003; JONES *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2006) para classificar as diferentes regiões vitícolas no mundo.

Normalmente, a temperatura do ar diminui com a elevação do terreno e ao contrário, é mais elevada nas regiões mais baixas. São Joaquim difere-se de outras regiões vinícolas do Brasil, sobretudo, por apresentar clima vitícola mais frio em relação às demais regiões brasileiras. Em consequência desse regime térmico, a duração do período que vai da brotação à colheita das uvas é maior em São Joaquim, quando comparado com outras regiões vitícolas brasileiras (BRIGHENTI; TONIETTO, 2004; FALCÃO, 2007).

Isso ocorre porque a altitude elevada aliada à baixa latitude ( $28^{\circ}$ ) proporciona um deslocamento do ciclo produtivo da videira. O que caracteriza duas situações distintas: a) as baixas temperaturas noturnas retardam o início da brotação, mas, devido à ocorrência de geadas tardias, podem muitas vezes, dependendo da localização do vinhedo e da precocidade das variedades, serem um fator limitante à produção; b) porém, durante a maturação, as temperaturas noturnas amenas retardam o amadurecimento dos frutos, reduzem o crescimento das plantas e influenciam no metabolismo, prolongando o ciclo e possibilitando a colheita em uma época na qual, os índices de pluviosidade são bem menores que nos meses de colheita das regiões tradicionalmente produtoras no Brasil. Esse fato permite uma ótima maturação, principalmente fenólica (ROSIER, 2006; FALCÃO *et al.*, 2008a).

Segundo a classificação de KÖPPEN (OMETO, 1981), o município de São Joaquim é classificado como de clima temperado propriamente dito; com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C e sem estação seca definida. A classificação climática de KÖPPEN, modificada por Braga e Guellere (1999), subdivide o Estado de Santa Catarina em 5 domínios climáticos (Subquente, mesotérmico brando (1), (2), (3) e mesotérmico médio), 5 tipos climáticos (Subtropical, temperado (1), (2), (3), (4) e (5), e 11 Subtipos Climáticos. Onde São Joaquim é classificada com domínio climático mesotérmico médio, e tipo climático temperado (5), e subtipo 5, em que apresenta temperatura média do mês mais frio (junho/julho),  $>0,0 <10$  °C.

### 2.3 TERROIR BRASILEIRO

Os anos de 1990 marcam um novo período na produção de vinhos finos com o início do desenvolvimento de IG (Indicações Geográficas), a partir de um trabalho da Embrapa Uva e Vinho, estimulando a valorização dos vinhos nacionais através deste instrumento de propriedade industrial (TONIETTO, 2001), cujo amparo legal veio com a entrada em vigor da Lei de Propriedade Industrial (LPI) – número 9.279 (BRASIL, 1996), possibilitando o reconhecimento de proteção jurídica de indicações geográficas brasileiras, seja como IP (Indicação de Procedência), seja como DO (Denominação de Origem) (EMBRAPA UVA E VINHO, 2020).

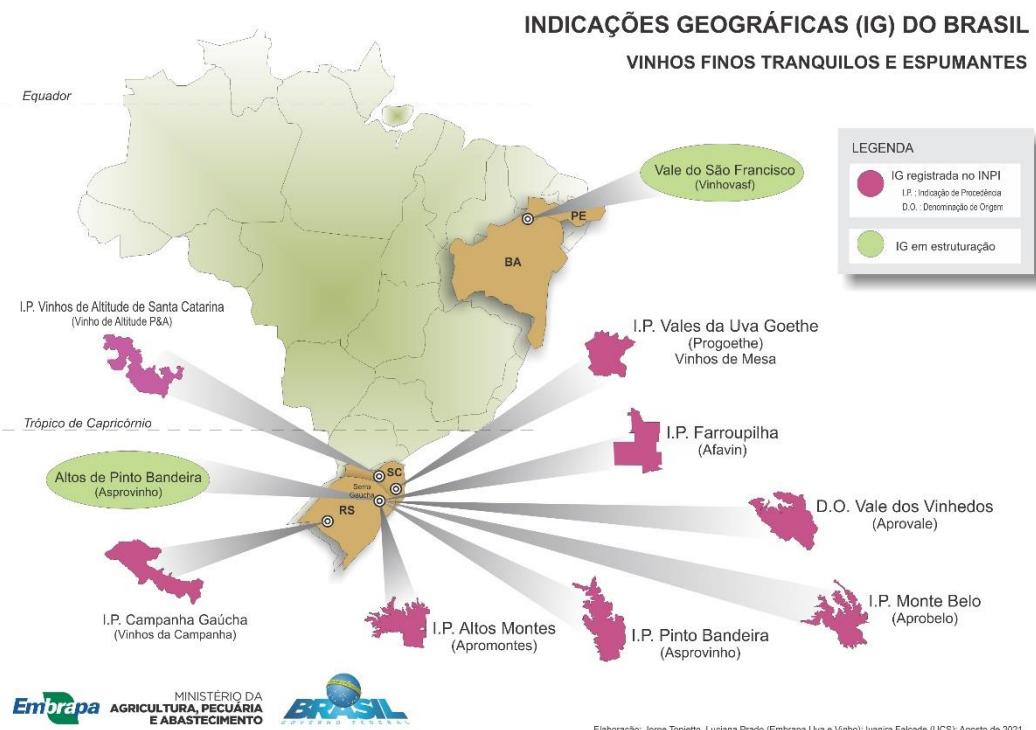
A palavra *terroir* é de origem francesa que é definida como uma combinação de todos os atributos, históricos, geográfico, humano, biológico ou ambiental, que contribuem para a individualidade dos vinhos produzidos em uma determinada região (JOHNSON *et al.*, 2014). Porém, o conceito de *terroir* para a vitivinicultura foi recentemente revisto pela OIV (Organização Internacional da Uva e do Vinho, com sede na França) e, segundo Tonietto (2001), atualmente significa uma área na qual o conhecimento coletivo das interações de clima e solo, com o desenvolvimento das práticas de produção, resulta em um produto diferenciado e característico dessa área.

Em 1995 a Embrapa Uva e Vinho coordenou o primeiro projeto de IG para atender a demanda da Aprovale (Associação dos Produtores de Vinhos Finos do Vale dos Vinhedos), que reúne vitivinicultores da Serra Gaúcha (RS) dos municípios de Bento Gonçalves, Garibaldi e Monte Belo do Sul. Num trabalho conjunto que reuniu produtores e especialistas de diferentes instituições, como Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade de Caxias do Sul (UCS), Embrapa Clima Temperado e Embrapa Florestas, foi estruturada a

primeira IG brasileira, a Indicação de Procedência Vale dos Vinhedos que, em 2012, também foi pioneira na conquista da primeira Denominação de Origem (DO) de vinhos do Brasil.

O setor vitivinícola brasileiro avançou significativamente nos últimos anos através da produção integrada de uvas para elaboração de vinhos, bem como uvas de mesa, dando definição das primeiras indicações geográficas para a produção de vinhos finos (TONIETTO, 2001). Na Figura 1 encontram-se as IGs de vinhos do Brasil, inspiradas no Vale dos Vinhedos, outras IGs de vinhos foram estruturadas e registradas, seja na espécie de IP seja na de DO: IP Pinto Bandeira (2010), DO Vale dos Vinhedos (2012), IP Vales da Uva Goethe (2012), IP Altos Montes (2012), IP Monte Belo (2013), IP Farroupilha (2015) e IP Campanha Gaúcha (2020). Outras estão em fase de estruturação: DO Altos de Pinto Bandeira, IP Vale do São Francisco e IP Vinhos de Altitude de Santa Catarina.

Figura 1 - Indicações Geográficas (IGs) de vinhos do Brasil e respectivas associações de produtores gestoras



Fonte: Embrapa Uva e Vinho (2020).

Nota: São sete IGs registradas e três em estruturação.

O Brasil apresenta grande diversidade de condições naturais nas diferentes regiões vitícolas produtoras de uvas destinadas à elaboração de vinhos. O clima é o elemento-chave dessa diversidade, com a viticultura localizada em climas temperados, subtropicais e tropicais. Atualmente no Brasil são produzidos vinhos provenientes de três macrocondições distintas,

cujos tipos de viticultura podem ser caracterizados como (AMORIM; FAVERO; REGINA, 2005; TONIETTO; VIANELLO; REGINA, 2006; FAVERO *et al.*, 2008; REGINA; MOTA; AMORIM, 2009; MOTA *et al.*, 2010; REGINA *et al.*, 2010; FAVERO *et al.*, 2011; REGINA, *et al.*, 2011; DIAS *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2015; DIAS *et al.*, 2017; BRANT; FIGUEREDO; MOTA, 2018; MOTA *et al.*, 2018; TONIETTO *et al.*, 2020):

- a) viticultura com um ciclo vitícola, com uma poda e uma colheita por ano, na qual são produzidos os vinhos da viticultura tradicional, em regiões de climas temperados e subtropicais;
- b) viticultura com dois ciclos ou mais, sendo o mais comum duas podas e duas colheitas por ano, em qualquer período, por meio do escalonamento das parcelas de vinhedos, na qual se produzem os vinhos tropicais, em regiões de clima tropical semiárido;
- c) viticultura com dois ciclos, sendo duas podas e uma colheita por ano (técnica da dupla poda), em clima subtropical ou tropical de altitude, na qual são produzidos os vinhos de inverno, em regiões de altitude que podem chegar a 1.300 m.

O Brasil possui diversas IG de vinhos registrados no INPI, as quais estão localizadas nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Atualmente estão em execução projetos de PD&I (Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação) para a estruturação das seguintes IG: Vale do São Francisco e Altos de Pinto Bandeira.

Observa-se que regiões de vitivinicultura tradicional, foram as primeiras IGs de vinhos registradas, em que tiveram início no final do século 19, como no caso da Serra Gaúcha no Estado do Rio Grande do Sul, já a região de Urussanga no Estado de Santa Catarina teve IG no início do século 20. No entanto, as regiões de viticultura mais recentes, como as que surgiram a partir da década de 1980, também passaram a estruturar IGs de vinhos, como no caso da Campanha Gaúcha e do Vale do São Francisco (TONIETTO *et al.*, 2020).

Numa perspectiva temporal ainda mais recente, verifica-se que a produção vitivinícola da região do Planalto Catarinense teve início nos anos 2000, tendo rapidamente constituído uma coletividade de produtores de uvas e vinhos na região, com ampla visibilidade nacional, tornando-se um centro de produção de vinhos. A partir da constituição da Anprovin, hoje agrupados na “Vinho de Altitude – Produtores & Associados”, foi possível estruturar a IG para os vinhos de altitude de Santa Catarina (TONIETTO *et al.*, 2020).

Ao analisar a vitivinicultura dos vinhos de inverno do Sudeste brasileiro, verifica-se que é ainda mais recente, tendo iniciado a partir dos anos 2004 na região do Sul de Minas Gerais e desenvolvido, ao longo dos anos, em diversas regiões, algumas já ganhando contornos de

regiões vitivinícolas, agrupando uma coletividade de produtores (TONIETTO *et al.*, 2020).

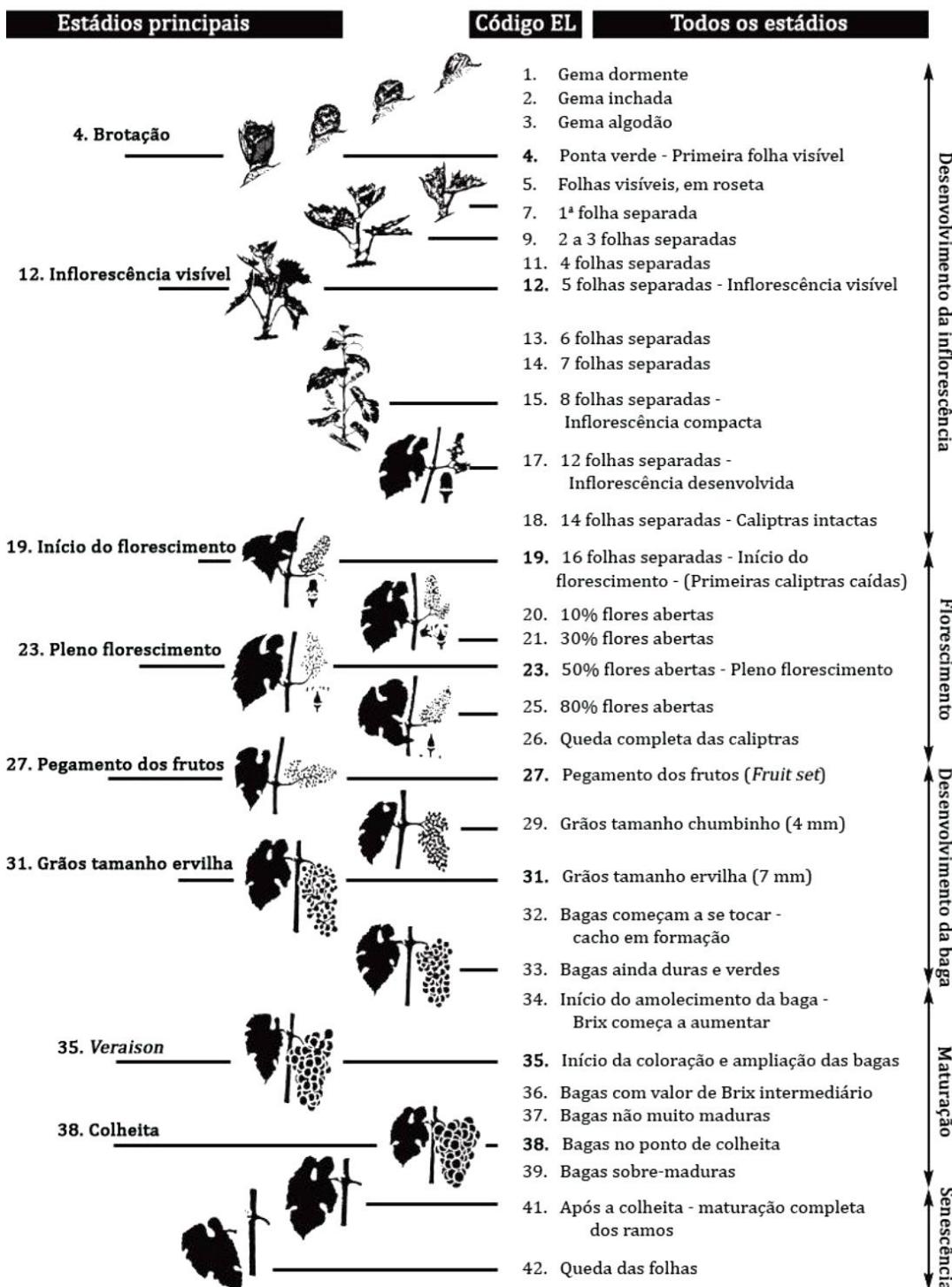
## 2.4 FENOLOGIA DA VIDEIRA

A fenologia pode ser definida como o ramo da ecologia que estuda os fenômenos periódicos dos seres vivos e as suas relações com as condições ambientais (BURIN, 2011). Na viticultura a fenologia desempenha importante função, pois permite a caracterização da duração das fases do desenvolvimento da videira em relação ao clima, sendo utilizada, principalmente, para interpretar como as diferentes regiões climáticas interagem com a cultura (SILVA *et al.*, 2006). Compreender a fenologia de uma determinada planta é importante para determinar as potencialidades da região para o cultivo dessa planta, pois essa varia em função das condições climáticas de uma região, ou em uma mesma região devido às variações estacionais do clima ao longo do ano (JONES; DAVIS, 2000; LEÃO; SILVA, 2003).

A fenologia da videira tem sido amplamente estudada no Brasil em cultivos convencionais a céu aberto (MANDELLI, 1984; LEÃO; SILVA, 2003; FOCHESATO *et al.*, 2007), sendo a caracterização da duração dos estádios fenológicos diretamente relacionada ao clima. Esse tipo de avaliação também se apresenta como ferramenta importante na interpretação da interação da cultura com a condição de microclima em que o vinhedo se situa (TERRA *et al.*, 1998). Esse conhecimento é imprescindível para a programação de práticas culturais, irrigação, colheita e utilização de produtos químicos para o controle de pragas e doenças (MULLINS *et al.*, 1992).

Na Figura 2 apresenta-se a classificação para avaliação dos estádios fenológicos da videira. Essa escala possibilita o acompanhamento de todo ciclo da videira, pelos estádios fenológicos caracterizados e enumerados em ordem cronológica. Com o auxílio dessa escala, é possível fazer o acompanhamento de todas as fases de desenvolvimento da videira, desde a brotação até momento da colheita.

Figura 2- Estadios fenológicos da videira



Fonte: Stofel (2012).

A fenologia da videira pode ser alterada pela influência da temperatura e da radiação solar (MANDELLI, 2002). Portanto, em condições de cultivo protegido, o produtor pode ter a

possibilidade de realizar um manejo de cobertura para ofertar uvas em épocas distintas, de acordo com as necessidades de mercado e, assim, elevar os preços de venda. O incremento da temperatura atua como acelerador do processo metabólico (TAIZ; ZEIGER, 2004) e, dessa maneira, estimula uma brotação mais acelerada nas videiras, assim como o encurtamento dos demais subperíodos fenológicos.

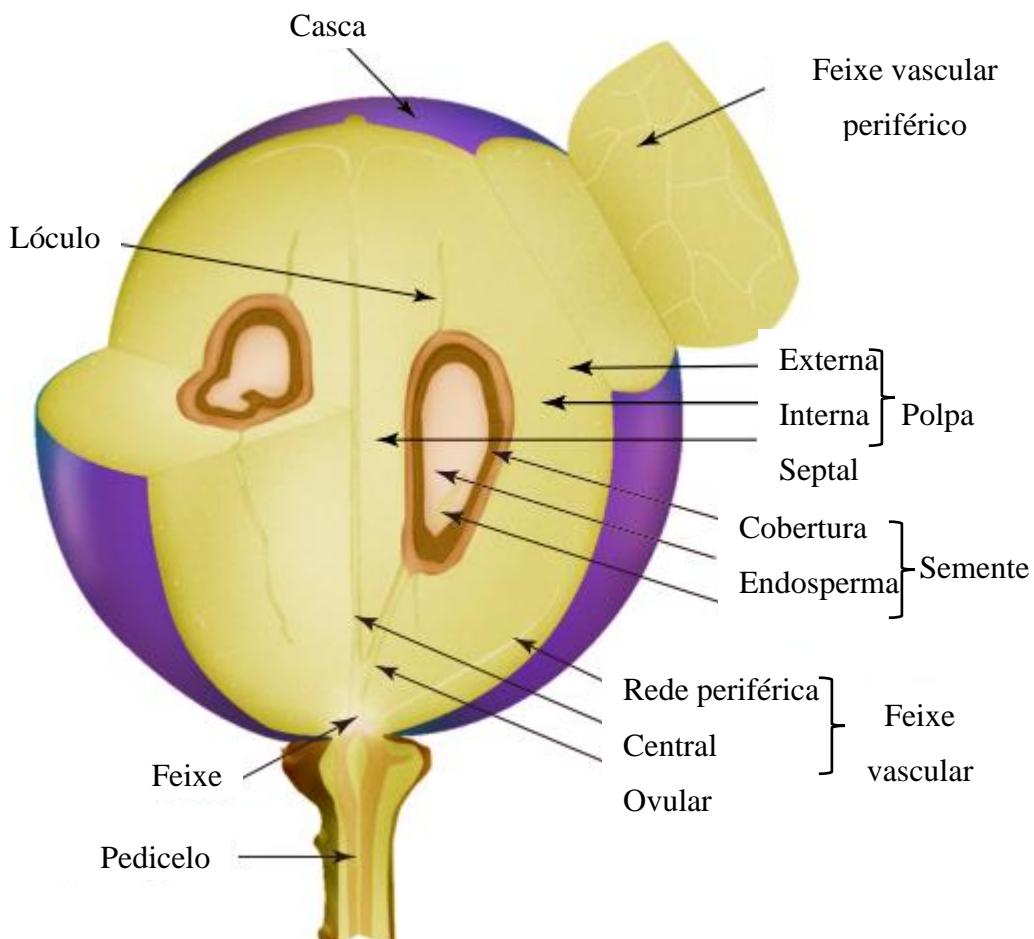
## 2.5 A UVA

### 2.5.1 A constituição da uva

A qualidade do vinho está relacionada diretamente com a safra, maturação da uva, e da localização do vinhedo e práticas de cultivos. A baga da uva é essencialmente uma fábrica bioquímica independente. Além dos metabólitos primários essenciais para a sobrevivência das plantas (água, açúcar, aminoácidos, minerais e micronutrientes), a baga tem a capacidade de sintetizar todos os outros componentes (sabor e compostos aromáticos) que definem um determinado vinho (KENNEDY, 2002).

Para entender a lógica por trás do gerenciamento do estilo do vinho no vinhedo, faz-se necessário uma compreensão da anatomia da uva, torna-se indispensável o entendimento do desenvolvimento da fruta, observando quando e onde os componentes da baga da uva são produzidos. A Figura 3 apresenta uma baga de uva seccionada para identificar seu interior.

Figura 3- Estrutura de uma baga de uva madura seccionada ao longo do eixo central



Fonte: Adaptado de Kennedy (2002).

Pode-se observar na Figura 3, que a uva possui três tecidos majoritários: casca, polpa e sementes, sendo o volume final do vinho dependente da quantidade de polpa da baga. Estes três tecidos variam consideravelmente em composição e extensão e contribuem diferentemente com a composição do vinho. Devido a isso, a composição de um vinho pode ser determinada simplesmente pela mudança no tamanho da baga da uva. De maneira geral, vinhos feitos com uvas de bagas menores apresentam uma maior proporção de compostos derivados da casca e sementes da uva (MATEUS *et al.*, 2001).

A casca de uvas *Vitis vinifera* L. contém substâncias responsáveis pela pigmentação, sabor e aroma, e é na casca da uva (nos vacúolos das células hipodérmicas) que estão contidas as antocianinas, com exceção de poucas variedades cuja polpa também é pigmentada (FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 1998). A concentração de antocianinas de uva pode variar de 30 - 750 mg/100g de fruta e, como em outras plantas, varia de acordo com a variedade, estação e

condições ambientais. Os compostos fenólicos da casca correspondem aproximadamente a 30 % dos compostos fenólicos totais da uva (WATSON, 2003).

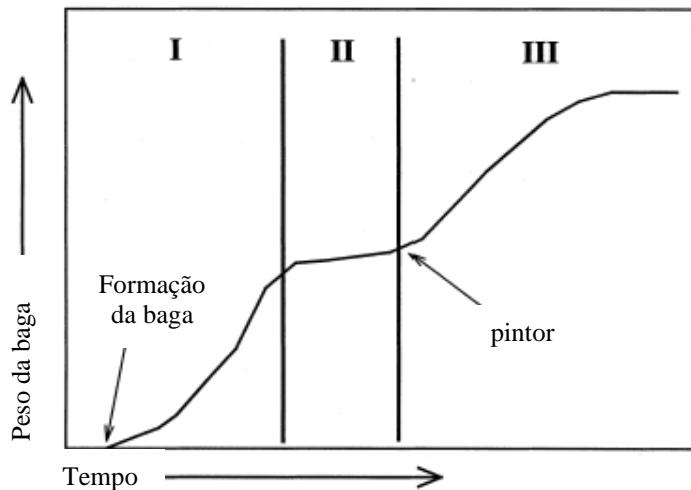
A polpa da uva é constituída primariamente de açúcares (glucose e frutose, predominantemente), ácidos orgânicos (tartárico e málico), cátions minerais (principalmente potássio), compostos nitrogenados (proteínas, amônia e aminoácidos), substâncias pécticas (polímeros de ácido galacturônico) e compostos fenólicos não-flavonóides (primariamente derivados de ácidos cinâmico e benzóico). Os compostos fenólicos da polpa representam em torno de 10 % do conteúdo total fenólico da fruta (WATSON, 2003).

As sementes da uva apresentam um importante papel para a qualidade final do vinho, pois contribuem significativamente com a concentração de monômeros de flavan-3-óis e procianidinas, responsáveis pela adstringência e o amargor do vinho (ROBICHAUD; NOBLE, 1990). Elas representam aproximadamente 60% da concentração fenólica total da uva. Nas sementes também encontram-se em níveis significativos compostos nitrogenados, minerais e óleos (primariamente os ácidos oleico e linoleico) (WATSON, 2003).

### **2.5.2 Desenvolvimento e maturação da uva**

O desenvolvimento da baga de uva durante a maturação é caracterizado por duas sucessivas curvas sigmoides, estágio I e III respectivamente, com uma área plana entre estas (estágio II) (COOMBE, 1973) (Figura 4). Durante o estágio I, o pericarpo e o número de sementes aumentam e é neste estágio que as sementes alcançam seu tamanho final. O estágio II é caracterizado por uma pequena mudança no tamanho da baga; o embrião da semente se desenvolve com um concomitante endurecimento da camada que recobre a semente. O estágio III é o segundo período de crescimento da fruta, onde ocorre o ‘amadurecimento’, caracterizado pelo rápido acúmulo de açúcares. O início do estágio III é caracterizado pelo amolecimento da baga e acúmulo de antocianinas (variedades tintas) (KENNEDY *et al.*, 2000). Devido à importância da maturação da uva na qualidade final do vinho, inúmeras técnicas foram desenvolvidas para o seu monitoramento.

Figura 4- Fases do desenvolvimento da uva



Fonte: Coombe (1973).

A fase de maturação das uvas abrange o período que vai da mudança de cor até a colheita, normalmente dura de 30 a 70 dias, dependendo da variedade e da região de cultivo (AMORIM *et al.*, 2006). As principais modificações que ocorrem nas bagas e na composição da uva durante a maturação são: o aumento do volume da baga, a variação hormonal, o acúmulo de açúcares, a diminuição da acidez, o aumento do pH, o desaparecimento da clorofila, além do acúmulo de pigmentos corantes na casca, o amolecimento das bagas, o aparecimento de pruíná, a síntese de substâncias aromáticas e a modificação do sabor (WATSON, 2003; MOTA *et al.*, 2006).

Durante a maturação, os pedicelos bem como as sementes perdem seu caráter herbáceo e mudam sua coloração de esverdeada para marrom (WATSON, 2003). A concentração de taninos das sementes diminui ao mesmo tempo em que o grau de polimerização dos compostos fenólicos aumenta. A diminuição do conteúdo de taninos das sementes, ao longo do processo de maturação, parece estar relacionada com reações oxidativas, uma vez que os taninos encontram-se fixados na cobertura das sementes (KENNEDY *et al.*, 2000).

A variável mais tradicionalmente utilizada para determinar a época de colheita da uva é a concentração de sólidos solúveis totais (AMERINE; OUGH, 1976), que juntamente com a acidez titulável, ácido málico, frutose e glucose, caracterizam a ‘maturação comercial’ também conhecida por ‘maturação industrial’, enquanto o monitoramento dos teores de ácido tartárico, compostos fenólicos e peso da fruta são associados à ‘maturação tecnológica’ (ROBREDO *et al.*, 1991).

O ponto de colheita da uva geralmente baseia-se na concentração dos sólidos solúveis totais (°Brix). Essa medida serve de base para o cálculo do teor alcoólico do vinho, pois cerca de 90 % dos SST são açúcares fermentáveis (WATSON, 2003). A acidez titulável e/ou pH também são medidas usadas para definição do ponto de colheita da uva (FALCÃO *et al.*, 2008b).

## 2.6 COMPOSTOS FENÓLICOS DE UVAS E VINHOS

Os compostos fenólicos são constituintes fundamentais dos vegetais, presentes principalmente em plantas, raízes e frutas, onde sua natureza química apresenta-se diversificada e representada por centenas de estruturas químicas (MATTIVI *et al.*, 2002). O comportamento dos compostos fenólicos é resultado da produção de metabólitos secundários que derivam de complexas interações entre biossíntese, transporte, estocagem e degradação; e intervêm diretamente na pigmentação, regulação do crescimento celular e na defesa contra agentes agressores (DELOIRE *et al.*, 1998).

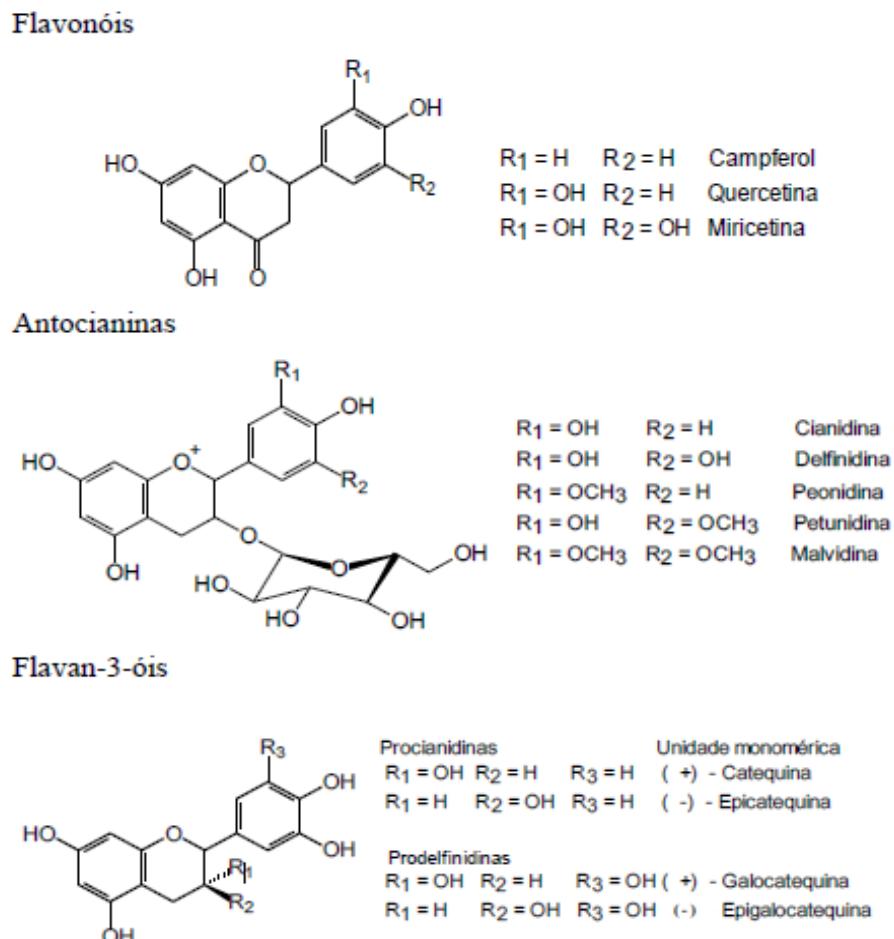
Esses compostos são sintetizados a partir da via do ácido chiquímico (principal) e da via do ácido mevalônico, menos significativa em *Vitis vinifera*. Do ponto de vista químico, os compostos fenólicos são caracterizados por apresentar um núcleo benzênico, agrupado a um ou vários grupos hidroxilas. Também são considerados polifenóis os derivados de ésteres, metil ésteres e glicosídios, dentre outros, os quais resultam das substituições da estrutura de base (MATTIVI *et al.*, 2002).

Na uva, os compostos fenólicos estão presentes principalmente na casca e na semente. (AMERINE; OUGH, 1976). Conforme Deloire *et al.* (1998) a videira sintetiza polifenóis como defesa a situações adversas ou ao estresse. Esta resposta metabólica ocorre quando a planta é submetida a um estresse do tipo biótico (ataque de fungos), ou a um estresse abiótico (déficit hídrico, radiação ultravioleta, variações de temperatura).

Nos vinhos, esses compostos constituem um parâmetro de qualidade devido à sua contribuição para as características organolépticas, particularmente para a cor (antocianinas), para as sensações gustativas, particularmente a adstringência e o amargor (ácidos fenólicos e flavan-3-óis) (ROBICHAUD; NOBLE, 1990). Segundo Guerra (1997) esses compostos também têm importância fundamental na longevidade de vinhos tintos. A evolução dessas moléculas durante a vinificação influi diretamente ou indiretamente nas características dos vinhos, definindo grande parte de sua estrutura, sua cor, suas propriedades antioxidantes e seus efeitos benéficos para a saúde humana.

Os compostos fenólicos apresentam uma grande diversidade e podem ser subdivididos em dois grandes grupos em razão da similaridade de suas cadeias de átomos de carbono: flavonoides e não-flavonoides. Os flavonoides representam o maior grupo de polifenóis encontrados nos alimentos, e os que se destacam em vinhos dividem-se em três grupos: flavonóis, flavan-3-óis e antocianinas. Ao grupo de compostos fenólicos não-flavonoides pertencem os ácidos fenólicos (derivados do ácido hidroxibenzóico, e os derivados do ácido hidroxicinâmico) e outros derivados fenólicos como os estilbenos (resveratrol cis e trans) e o tiosol. As estruturas químicas dos principais compostos citados são apresentadas nas Figuras 5 e 6.

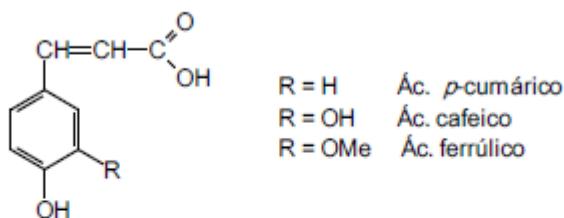
Figura 5- Estrutura dos principais compostos flavonoides



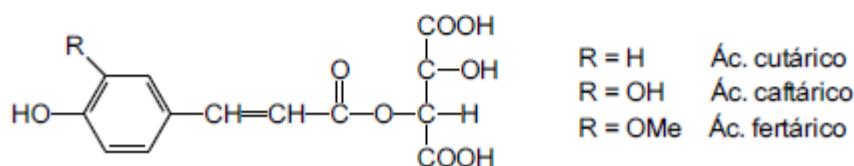
Fonte: Gris *et al.*, (2010)

Figura 6- Estrutura dos principais compostos não-flavonoides.

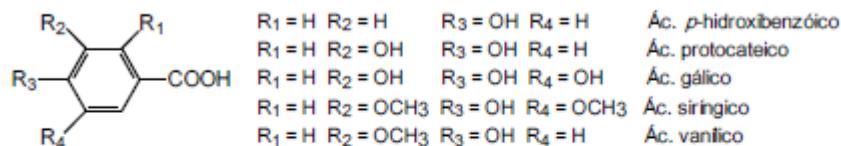
**Ácidos hidroxicinâmicos**



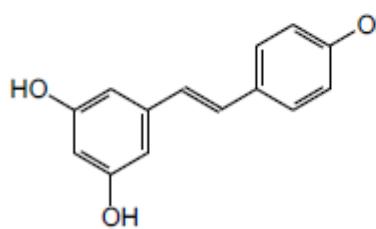
**Ácidos hidroxicinâmicos (hidroxicinamatos)**



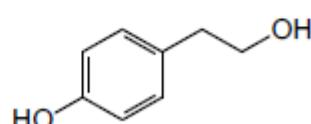
**Ácidos hidroxibenzóicos**



*Trans*-resveratrol



Tiosol



Fonte: Gris *et al.*, (2010)

### 2.6.1 Compostos flavonoides

Os flavonoides são compostos fenólicos que se caracterizam por uma estrutura básica e comum C6-C3-C6, sintetizados a partir da combinação dos derivados da fenilalanina (através da rota do ácido chiquímico) e ácido acético (JACKSON, 2001). A estrutura base consiste em dois anéis aromáticos ligados por um anel pirano. Podem ocorrer na forma livre, glicosilada ou acilada. Ao contrário da uva e do vinho tinto, nas variedades brancas os flavonoides correspondem a uma concentração menor que 20% do teor total de compostos fenólicos, uma vez que o processo de fermentação ocorre na ausência das partes sólidas da uva.

A composição de compostos flavonoides no vinho depende não somente dos compostos presentes na uva, mas também da extração desses compostos e subsequentes reações durante o processo de vinificação. Dessa forma, vinhos brancos obtidos através da prensagem direta, com o mínimo de contato com a casca contêm em sua maioria os compostos flavonoides presentes somente na polpa. A extração de compostos continua até que os sólidos sejam separados do mosto através da prensagem. A composição também é afetada por fatores pré-fermentativos, como a clarificação, que pode diminuir a concentração destes compostos no mosto através da precipitação das substâncias insolúveis do meio (SCHWARZ *et al.*, 2001). Os compostos flavonoides são divididos em 3 grupos: flavonóis, flavanóis e antocianinas. As antocianinas estão presentes nas cascas das uvas tintas são responsáveis pela sua coloração, não estão presentes em uva e vinho branco (LAGO-VANZELA *et al.*, 2015).

### **2.6.1.1 Flavonóis**

Os flavonóis são compostos caracterizados pela presença de uma insaturação no anel heterocíclico e um grupamento hidroxila na posição 3, e estão presentes nas cascas de uvas brancas e tintas. Os principais flavonóis da uva são a queracetina e a miracetina e podem ser encontradas na forma livre ou conjugada (MATTIVI *et al.*, 2006). Outros importantes flavonoides presentes em uvas e vinhos são o campferol, a isorhamnetina, a laricitrina e a siringetina (MATTIVI *et al.*, 2006). A proporção de flavonóis livres varia entre 20 e 50 % do total. A síntese de flavonóis ocorre praticamente durante todo o crescimento da baga e, da mesma forma que as fitoalexinas, seu conteúdo varia conforme a resposta a condições restritivas ou de estresse (DELOIRE *et al.*, 1998). Alguns trabalhos demonstram que o conteúdo de flavonóis é dependente da exposição ao sol das uvas, da fertilização nitrogenada, do estado hídrico da planta e da variedade. Embora seja uma família minoritária nas uvas, os flavonóis podem ter um papel importante na evolução da cor dos vinhos tintos através de processos de co-pigmentação com as antocianinas (BOULTON, 2001; ZAFRILLA *et al.*, 2003).

### **2.6.1.2 Antocianinas**

As antocianinas são os pigmentos responsáveis pela cor de uvas e vinhos tintos e representam uma parte muito importante, tanto quantitativamente como qualitativamente, dos flavonoides das uvas. Elas localizam-se na casca e nas três ou quatro primeiras camadas da hipoderme. Esses compostos são sintetizados a partir do início da coloração das cascas de forma

contínua, e a quantidade formada é influenciada pelas condições de vigor e insolação das plantas e dos cachos (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 1998). As antocianinas são compostos que, com o envelhecimento do vinho tendem a formar complexos com outros compostos fenólicos dando a estabilidade de cor desejável ao vinho (BOULTON, 2001).

As antocianinas do gênero *Vitis* são: cianidina, delphinidina, peonidina, petunidina e a malvidina. As suas concentrações relativas variam com a variedade, porém a malvidina é sempre majoritária (MAZZA e MINIATI, 1993). É característico nas uvas de variedade *Vitis vinifera* uma molécula de glicose ligada na posição 3. Os fragmentos glicosídicos podem apresentar-se livres ou esterificados na posição 6 com alguns ácidos, particularmente com o ácido acético (derivados acilados) e o ácido p-cumárico (derivados p-cumáricos) (RIBÉREAU-GAYON; STENESTREET, 1965; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 1998).

### **2.6.1.3 Flavan-3-óis**

Os flavan-3-óis e os seus derivados estruturais, as proantocianidinas ou taninos condensados, são constituídos por um núcleo flavânico que é formado por dois anéis aromáticos (A e B) e por um anel heterocíclico pirânico C (Figura 5), ao qual se encontra ligado a um grupo hidroxil na posição 3. Podem ser classificados como catequinas e galocatequinas. As catequinas ((+)) - catequina encontra-se hidroxilada na posição 3<sup>o</sup> do anel B (PRIEUR *et al.*, 1994).

Em uvas, e consequentemente em vinhos, os principais flavan-3-óis monômeros são a catequina, a epicatequina, a galocatequina e a epigalocatequina, tendo a catequina como o composto mais abundante (SOUQUET *et al.*, 1996). As proantocianidinas representam, nas cascas, de 3 % a 6 % do conteúdo fenólico total e, nas sementes, de 60 a 70 %.

Esses compostos são sintetizados durante a primeira etapa do crescimento da baga ou “período herbáceo” e sua síntese termina pouco depois do início da coloração das cascas (PRIEUR *et al.*, 1994).

### **2.6.1.4 Compostos não-Flavonoides**

Correspondem aos compostos fenólicos mais simples, tais como os ácidos fenólicos: ácidos hidroxibenzóicos (C6-Cl) e ácidos hidroxicinâmicos (C6-C3) e seus derivados (Figura 6), além de outros derivados fenólicos de grande importância como os estilbenos (MONAGAS *et al.*, 2005). A determinação de compostos não-flavonoides também é importante em vinhos, pois a partir dessa determinação pode-se caracterizar variações nos vinhos, como também nas

diferenças dos processos de vinificação e nas diferentes formas de maturação desses produtos (VRHOVSEK, 1998; MATEJICEK *et al.*, 2005).

### **2.6.1.5 Ácidos fenólicos**

Na uva os ácidos hidroxicinâmicos são os principais ácidos fenólicos, e encontram-se nos vacúolos das células da casca e da polpa, e sua concentração diminui durante o desenvolvimento da baga e se estabiliza na maturação (ROMEYER *et al.*, 1983). Os ácidos fenólicos podem ser divididos em ácidos benzóicos e em ácidos cinâmicos de acordo com o número de átomos de carbono (Figura 6).

Nos vinhos, devido à hidrólise dos derivados tartáricos também são encontradas as formas livres (ácidos cafeico, ferrúlico e p-cumárico) (VRHOVSEK, 1998). Esses compostos desempenham um papel importante nas oxidações que conduzem ao acastanhamento dos mostos e dos vinhos uma vez que são as primeiras substâncias fenólicas a serem oxidadas. Embora não exerçam uma influência direta no gosto dos vinhos, os ácidos hidroxicinâmicos estão envolvidos no aparecimento de fenóis voláteis com consequentes alterações aromáticas (VRHOVSEK, 1998). São os compostos fenólicos mais importantes nos vinhos brancos por se encontrarem principalmente na polpa das uvas (VRHOVSEK, 1998).

Dos ácidos derivados do ácido hidroxibenzóico, em uvas e vinhos, os mais importantes são os ácidos vanílico, siríngico e salicílico, que aparecem ligados às paredes celulares e, principalmente, o ácido gálico que se encontra sob a forma de éster de flavan-3-óis. Em vinhos tintos o ácido gálico é um dos compostos monoméricos mais abundantes (FRANKEL *et al.*, 1995; SILVA *et al.*, 2005).

### **2.6.1.6 Estilbenos**

Dentre os estilbenos, em uvas e vinhos, destacam-se os seus monômeros: cis e trans-resveratrol. Esses compostos são fitoalexinas, isto é, componentes sintetizados pela videira em resposta a uma situação de estresse, onde o vegetal produz os estilbenos monômeros, precursores dos oligômeros viníferos. Resveratrol e seus derivados concentram-se nas cascas de uva, por isso seu teor é maior nos vinhos tintos (MATTIVI *et al.*, 1993a; VITRAC *et al.*, 2005). O trans-resveratrol (trans-3,5,4-trihidroxiestilbeno) é o mais estudado devido a seu potencial benéfico para a saúde humana e é encontrado nos vinhos tintos em concentrações muito variadas (GRIS, *et al.*, 2010).

O isômero cis é formado a partir da isomerização do trans-resveratrol ou a partir da quebra de polímeros de resveratrol durante a fermentação do vinho. As formas glicosiladas (*piceid*) do resveratrol são constituintes naturais de uvas (MATTIVI, 1993b).

## 2.7 EFEITOS BENÉFICOS DO CONSUMO DE VINHOS

Os compostos fenólicos são usados como marcadores do processamento tecnológico de vinificação e da idade de vinhos (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 1998; VRHOVSEK, 1998; MATEJICEK *et al.*, 2005). Esses compostos têm merecido atenção não somente devido ao seu importante papel na enologia, mas também devido aos seus comprovados efeitos benéficos à saúde, tais como a sua capacidade antioxidante, hipolipemiante, cardioprotetora (FRANKEL *et al.*, 1995; DUDLEY *et al.*, 2008; NARDINI *et al.*, 2009), entre outras.

A uva e o vinho tinto possuem alta concentração de polifenóis e estudos apontam que o consumo moderado de vinho tinto diminui a incidência e a letalidade de doenças cardiovasculares devido ao alto potencial antioxidante do mesmo (AVELLONE *et al.*, 2006). Verifica-se um crescente interesse pelas propriedades benéficas do vinho promovidas pela presença dos compostos fenólicos, e esse despertar ocorreu com a constatação do “paradoxo francês” que perceberam a baixa incidência de acidentes cardiovasculares na população francesa que apresentava alto consumo de gordura saturada e de vinho tinto. Esse fenômeno foi explicado pelos altos níveis de compostos fenólicos existentes na uva e no vinho (RENAULD; LORGERIL, 1992).

Os benefícios à saúde relacionados ao consumo moderado de vinho incluem diferentes mecanismos, nos quais estão envolvidos, tanto o etanol, quanto os diversos tipos de compostos fenólicos que constituem o vinho (BRAND-MILLER *et al.*, 2007). O potencial benéfico dos componentes fenólicos presentes nos vinhos esteve primeiramente relacionado à sua capacidade em sequestrar espécies reativas de oxigênio (EROs) nos sistemas biológicos. No entanto, várias pesquisas realizadas com esses compostos apontando além da atividade antioxidante, outros inúmeros efeitos biológicos, tais como: ação vasodilatadora, anti-inflamatória, moduladora do sistema P450, inibição da oxidação da LDL e da agregação plaquetária (FRANKEL *et al.*, 1995; ORELLANA *et al.*, 2002; LOPEZ-VELEZ *et al.*, 2003).

Esses efeitos biológicos estão associados à diminuição de vários fatores de risco de doenças cardiovasculares, como diminuição da pressão arterial e dos níveis lipídicos (AVELLONE *et al.*, 2006; GRIS *et al.*, 2010). Existem evidências claras de que consumo de vinho exerce efeitos protetores endoteliais tanto nas lesões iniciais da doença arterial

coronariana como nas avançadas (AVELLONE *et al.*, 2006), além de apresentarem atividades farmacológicas como a prevenção do estresse oxidativo celular (ROYCHOWDHURY *et al.*, 2001), efeitos antitumoral (SAITO *et al.*, 1998) e cardioprotetor (KARATZI *et al.*, 2005).

## 2.8 ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS REALIZADAS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS

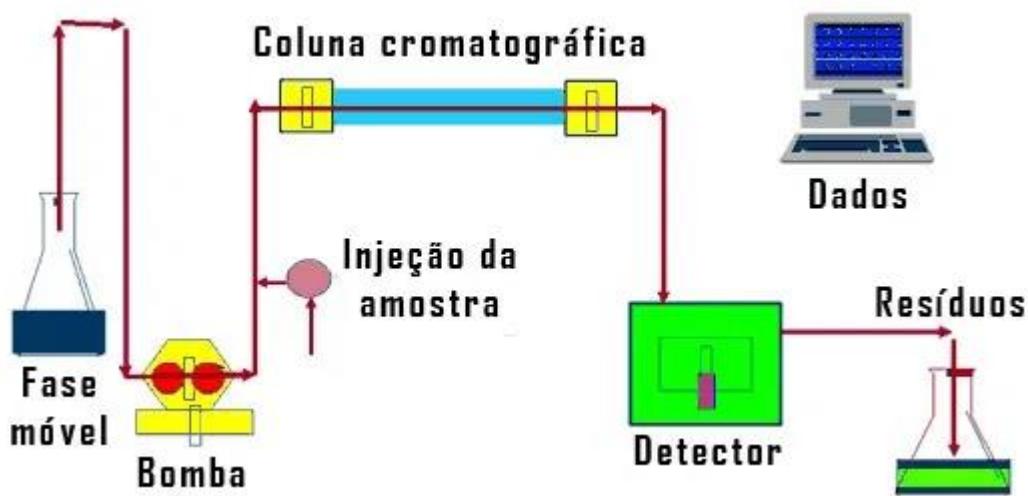
### 2.8.1 Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)

A cromatografia é uma técnica analítica que engloba métodos físicos utilizados para separar e/ou analisar misturas complexas. Nas técnicas cromatográficas os componentes a serem separados são distribuídos entre duas fases: uma fase estacionária e uma fase móvel que percola a fase estacionária. Assim o processo cromatográfico consiste na partição dos componentes de uma mistura entre essas duas fases (COLLINS, 2006).

A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) separa compostos que estão dissolvidos em uma solução, essa técnica emprega uma fase móvel líquida e uma fase estacionária finamente dividida e opera a pressões elevadas. A utilização de pressões elevadas permite uma redução no diâmetro das partículas da fase estacionária, localizada no interior da coluna cromatográfica, que resulta em uma área superficial e sítios de adsorção maiores, o que promove uma separação mais eficiente dos componentes da amostra. Nessa técnica os diferentes componentes da mistura passam através da coluna de separação a diferentes velocidades devido às diferenças em seus comportamentos de partição entre a fase móvel líquida e a fase estacionária (CIOLA, 1998; COLLINS, 2006).

A Figura 7 esquematiza os componentes essenciais de um cromatógrafo líquido, que são: bomba de alta pressão; sistema de injeção da amostra; coluna de separação, detector e registrador de dados. Dentre as principais características e vantagens do método CLAE estão: alta resolução; análise não destrutiva; velocidade de separação; monitoração contínua do efluente da coluna; medição quantitativa exata; análises repetitivas e reproduutivas com a mesma coluna; automação do procedimento analítico e do tratamento dos dados (NETO; NUNES, 2003).

Figura 7- Representação das unidades de um cromatógrafo líquido de alta eficiência



Fonte: Grubert, (2018).

Diversas pesquisas têm utilizado a cromatografia líquida para determinar os principais compostos presentes em uvas e vinhos, com objetivo de obter maior controle de qualidade durante a produção do vinho. Também, é amplamente utilizada para caracterizar amostras procedentes de diferentes locais, assim como diferenciar clones de uma mesma variedade de uva. Estas aplicações são possíveis devido à alta sensibilidade de detecção da cromatografia líquida (MONAGAS *et al.*, 2006).

Após a detecção dos compostos por CLAE, a quantificação dos analitos é realizada através da correlação entre o sinal emitido pelo detector e a concentração do composto de interesse. Dentre os sistemas mais utilizados para a quantificação destacam-se a padronização externa e interna. O método de padronização externa compara a área da substância a ser quantificada na amostra com áreas obtidas com soluções de concentração conhecidas preparadas a partir de um padrão. Os padrões são preparados, separadamente, em concentrações conhecidas, obtém-se os chromatogramas correspondentes, e relacionam-se as áreas obtidas com a concentração, construindo uma curva de padronização. A padronização interna consiste na preparação das soluções padrão de concentração conhecida da substância de interesse, às quais se adiciona a mesma quantidade de um composto conhecido chamado padrão interno. Esta forma de quantificação é recomendada quando alta precisão é necessária porque o padrão interno (PI) é submetido às mesmas condições da substância de interesse durante a corrida cromatográfica (BURIN, 2011).

A análise individual dos compostos presentes no vinho, como por exemplo, compostos fenólicos flavonóides e não-flavonóides e os ácidos orgânicos, são realizadas por muitos pesquisadores através da cromatografia líquida. Para análises por CLAE os detectores mais comuns são: o detector espectrofotométrico de absorção no ultravioleta-visível (UV-vis); detector por Arranjo de Diodos (DAD) e o detector de Espectrometria de Massa (MS).

Os detectores são de fato transdutores, isto é, dispositivos capazes de transformar as moléculas que chegam ao seu interior em sinal elétrico (NETO e NUNES, 2003), que poderá ser registrado por um processador de dados ou por um registrador conveniente. A interpretação desse registro produz dados qualitativos e quantitativos sobre a amostra e seus constituintes, no entanto, devido as diferentes estruturas dos compostos presentes em uvas e vinho, os detectores mais utilizados são UV-vis ou DAD, que monitoram a absorbância dos compostos tanto na região do visível quanto do ultravioleta.

## 2.9 COMPOSTOS VOLÁTEIS ENVOLVIDOS NO AROMA DE VINHOS

A complexidade aromática de um vinho é dependente de vários fatores, como aqueles relacionados ao metabolismo da uva, da variedade de uva, do clima, do solo e das técnicas de manejo do vinhedo; além dos procedimentos realizados no mosto durante as etapas pré-fermentativas, como a maceração e clarificação do mosto; como também estão relacionadas as atividades metabólicas dos microrganismos responsáveis pelo processo de fermentação (FALCÃO, 2007).

A composição aromática é um dos fatores de relevante importância na identidade, tipicidade e qualidade de um vinho. De acordo com suas origens, os compostos voláteis presentes no vinho podem ser classificados em: a) compostos voláteis varietais, que são provenientes das uvas, como os monoterpenos e norisoprenóides; e b) compostos voláteis fermentativos, aqueles formados pelo metabolismo das leveduras durante os processos de fermentação, como os álcoois superiores, compostos sulfurados e nitrogenados, ésteres e acetatos (WELKE *et al.*, 2013). Além destes, alguns compostos podem ser formados por reações que ocorrem tanto durante o processo de vinificação como também durante o tempo de armazenamento dos vinhos, como os compostos voláteis heterocíclicos sulfurados, nitrogenados e oxigenados (JACKSON, 2001).

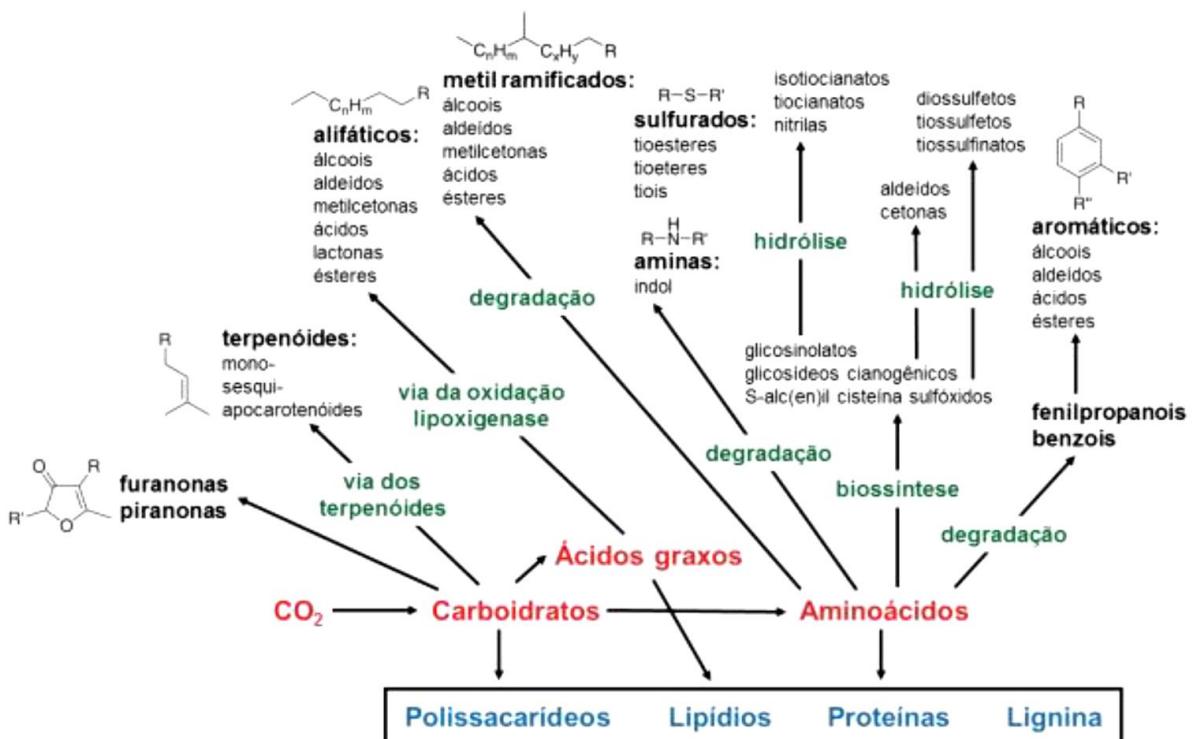
### 2.9.1 Compostos voláteis originários da uva

A composição volátil da uva está relacionada ao seu genótipo varietal, que corresponde às características genéticas de cada variedade de uva, e ao fenótipo caracterizado pelas interações do genótipo com os fatores ambientais, os quais, quando se referem à vinhos, são agrupados através do conceito de *terroir* (WELKE *et al.*, 2012a). O *terroir* é basicamente caracterizado por um padrão relativamente homogêneo de topografia, clima, geologia, solo, influência do homem, altitude, latitude, entre outros fatores. Pode também ser definido como: um conjunto complexo de fatores naturais que não podem ser facilmente modificados pelo produtor e que, em conjunto com várias decisões de manejo tomadas pelo homem, levarão à obtenção de um produto característico de uma determinada região (CLARKE e BAKKER, 2004). Desta maneira, a produção de aroma é influenciada por fatores que incluem solo, clima, variedade de uva, grau de maturação, condições utilizadas na fermentação, cepa da levedura e condições utilizadas na produção do vinho (ESCUDERO *et al.*, 2005; BELANCIC *et al.*, 1997).

A literatura científica indica que pode existir relação entre a fração volátil de alimentos e bebidas e os seguintes aspectos: matéria-prima empregada, local onde o produto foi elaborado e processo de produção empregado. Da mesma maneira, a caracterização e diferenciação dos vinhos pode ser feita com base na fração volátil dos mesmos (BELANCIC *et al.*, 1997; FANG e QIAN, 2006).

Dois tipos de substâncias específicas da variedade de uva podem contribuir para o aroma: as substâncias que passam para o vinho sem transformações e que transmitem a sua tipicidade, e as substâncias que são sujeitas à transformação durante a fermentação e conservação, com consequente liberação de aroma, que são os precursores de aroma (WELKE *et al.*, 2012b). Na Figura 8 mostra os principais precursores e vias de formação de compostos voláteis, esses precursores podem ser substâncias não voláteis como glicosídeos, ácidos fenólicos, ácidos graxos e conjugados de cisteína capazes de originar compostos aromáticos pela ação de certas enzimas específicas (SCHWAB *et al.*, 2008; DENNIS *et al.*, 2012). Além disso, os precursores podem ser substâncias que colaboram ou não para o aroma do vinho e que, pela sua instabilidade, se transformam em outras substâncias odoríferas, caso de alguns terpenos, C13-norisoprenóides e dióis terpênicos. A existência dos precursores justifica o fato de variedades de uvas neutras produzirem vinhos aromáticos, como é o caso dos vinhos das variedades *Cabernet Sauvignon*, *Sauvignon Blanc* e *Chardonnay*, que originam vinhos aromáticos com características particulares (LEE *et al.*, 2007, WELKE *et al.*, 2013).

Figura 8- Principais precursores e vias de formação de compostos voláteis



Fonte: Adaptado de Schwab *et al.* (2008).

## 2.9.2 Terpenos

Os terpenos são formados por uma unidade estrutural básica que contém cinco átomos de carbono, o isopentenilpirofosfato (IPP) através da chamada —regra do isopreno—, que corresponde à união cabeça-cauda das unidades estruturais de IPP. As moléculas formadas por 10 carbonos são chamadas monoterpenos; com 15 carbonos, sesquiterpenos; com 20, diterpenos; com 25, sesterpenos; com 30, triterpenos e com 40, tetraterpenos. O IPP pode ser sintetizado a partir do ácido mevalônico e do piruvato/gliceraldeído-3-fosfato presentes na uva (WELKE *et al.*, 2012a). A maioria dos compostos terpênicos de uvas e vinhos são monoterpenos e sesquiterpenos. Estes compostos pertencem a várias famílias, sendo que do ponto de vista do aroma, os mais importantes são os álcoois monoterpênicos, alguns exemplos de terpenos provenientes de uvas e vinhos são, linalool, geraniol, α-terpineol e óxido de linalool (SCHWAB *et al.*, 2008; DENNIS *et al.*, 2012; WELKE *et al.*, 2012a; WELKE *et al.*, 2013).

### **2.9.3 Norisoprenóides**

Os C13-norisoprenóides são formados a partir de glicosídeos não voláteis que estão presentes nas uvas. Estes compostos são liberados durante a vinificação pela ação da levedura *Saccharomyces cerevisiae* (WINTERHALTER e SCHREIER, 1994). Além dos glicosídeos não-voláteis, os carotenoides também podem ser precursores de C13-norisoprenóides. A degradação oxidativa dos carotenoides produz derivados com 9, 10, 11 e 13 átomos de carbono. Esta reação é desencadeada pela luz e ação das oxidases como, por exemplo, polifenol-oxidase e lipoxigenase. Os compostos com 13 átomos de carbono são chamados de C13-norisoprenóides e os que exercem maior contribuição para o aroma do vinho e são conhecidos como:  $\beta$ -damascenona,  $\alpha$ -ionona,  $\beta$ -Ionona e  $\beta$ -damascona (WELKE *et al.*, 2012a).

### **2.9.4 Compostos voláteis responsáveis pelo aroma pré-fermentativo**

Os aromas de origem pré-fermentativa formam-se desde a colheita das uvas até ao início da fermentação alcoólica, o que inclui as operações de transporte, desengace, prensagem e maceração. Os efeitos mecânicos destes tratamentos vão permitir, ao romper as uvas, que as enzimas entrem em contato com os substratos existentes no mosto que está sendo produzido. Além disso, estes tratamentos têm como consequência a incorporação de oxigênio no meio, implicando em reações de oxidação enzimática. As enzimas envolvidas na formação dos álcoois C6 (que contém 6 carbonos em sua estrutura) e aldeídos C6 originados da fase pré-fermentativa são: acil-hidrolase, lipoxigenase, enzima de clivagem dos peróxidos e álcool-desidrogenase. Estes compostos apresentam um aroma herbáceo e têm um limiar de percepção relativamente baixo (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2000; WELKE *et al.*, 2012a).

### **2.9.5 Compostos voláteis originados na fermentação**

A etapa fermentativa é o processo essencial da conversão do mosto de uva em vinho, englobando duas importantes transformações biológicas, a fermentação alcoólica e a fermentação malolática. Na fermentação alcoólica, comum a todos os vinhos, há produção, pelas leveduras, de etanol e de numerosos produtos secundários a partir dos açúcares do mosto. Já a fermentação malolática consiste na transformação do ácido málico em ácido láctico, pela ação das bactérias lácticas. Este tipo de fermentação, pode ocorrer de forma espontânea ou através da inoculação de bactérias lácticas no vinho, e inicia no final da fermentação alcoólica,

quando a autólise das leveduras se intensifica. De maneira geral, os vinhos tintos são beneficiados com a fermentação malolática ao adquirirem maior complexidade aromática e suavidade gustativa. Entretanto, é indesejável na maioria dos vinhos brancos, para os quais uma acidez mais pronunciada realça o aroma e equilibra o sabor (STYGER *et al.*, 2011; LAGOVANZELA *et al.*, 2015).

Outros compostos além do etanol são produzidos em quantidades menores durante a fermentação alcóolica e podem contribuir de forma significativa para o aroma do vinho. Entre estes compostos estão os álcoois superiores, ácidos voláteis e ésteres e, em menor extensão, aldeídos e cetonas. No caso dos vinhos é habitual designar-se por álcoois superiores os compostos que apresentam apenas uma função álcool e mais de dois átomos de carbono.<sup>28</sup> Também são produzidos compostos indesejáveis como ácido sulfídrico, sulfuretos orgânicos e alguns tióis (CLARKE e BAKKER, 2004; GENOVESE *et al.*, 2007, WELKE *et al.*, 2012a).

## 2.9.6 Álcoois

O etanol é o constituinte majoritário do vinho. É produzido através do catabolismo das hexoses (glucose e frutose) pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*, durante a fermentação. A concentração final de etanol no vinho é dependente da concentração inicial de açúcar nas uvas, bem como, das técnicas empregadas na vinificação (FALCÃO, 2007). O teor de etanol dos vinhos está diretamente relacionado à percepção sensorial de outros compostos voláteis relacionados ao aroma.

Os álcoois superiores são produzidos a partir de açúcares e aminoácidos durante a fermentação alcoólica e incluem compostos alifáticos e aromáticos. Estes álcoois podem ter efeitos tanto positivos como negativos no aroma do vinho. Os álcoois alifáticos mais encontrados em vinhos são o propanol (aroma de fruta madura), butanol (aroma de solvente), hexanol (floral, grama), isobutanol e álcool isoamílico (LAMBRECHTS *et al.*, 2000; SWIEGERS *et al.*, 2005; AZNAR *et al.*, 2007). Os álcoois alifáticos, por exemplo, são identificados por um odor forte e sabor pungente, o que pode ter um efeito significativo sobre a qualidade sensorial e caráter do vinho (SWIEGERS *et al.*, 2005; PETRORIUS *et al.*, 2005). O 2-feniletanol, cujo aroma é descrito como floral, é considerado um dos álcoois aromáticos mais importantes para a qualidade sensorial do vinho (MARTI *et al.*, 2003).

### 2.9.7 Ácidos

Uma grande variedade de ácidos está presente no vinho, e os ácidos orgânicos são os mais abundantes, tais como ácido tartárico, ácido málico e ácido láctico. Não são voláteis, mas podem exercer influência no *flavor* do vinho, especificamente no gosto. Há uma grande variedade de ácidos voláteis e semivoláteis presentes no vinho, e a acidez volátil do vinho é originada durante a fermentação do mosto pelas leveduras e outros microrganismos, sendo que o teor de acidez volátil pode aumentar durante a elaboração e a conservação do vinho como consequência de uma possível contaminação microbiológica (BAENA-RUANO *et al.*, 2010; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2000).

O ácido acético é de primordial importância para a qualidade do vinho, uma vez que contribui com cerca de 90% da acidez volátil. Todos os vinhos contêm ácido acético, em pequenas concentrações, da ordem de 0,6 g L<sup>-1</sup>, que são produzidas pelas leveduras. Concentrações mais elevadas de ácido acético, no entanto, são originárias da deterioração microbiana (BAENA-RUANO *et al.*, 2010). Outros ácidos que contribuem, em menor proporção, para a acidez volátil são: ácido butanóico, ácido hexanóico, ácido octanóico, ácido decanóico e ácido dodecanóico (WELKE *et al.*, 2012a).

Os ácidos propanóico, 2-metil-propanóico e 3-metil-butanóico são produzidos por leveduras durante o metabolismo de proteínas. Outros ácidos alifáticos importantes para o aroma do vinho, como os ácidos hexanóico, octanóico e decanóico também são metabólitos provenientes da atividade de leveduras, entretanto, são produzidos a partir de ácidos graxos saturados. Além de influenciar negativamente o aroma dos vinhos, os ácidos podem atuar como inibidores de fermentação se presentes em elevadas concentrações (CLARKE e BAKKER, 2004).

### 2.9.8 Ésteres

Os ésteres são formados durante a fermentação do mosto por leveduras, a partir da reação entre álcoois e ácidos. Dado o elevado número de diferentes ácidos e álcoois no vinho, há considerável potencial para a formação de vários ésteres, os quais podem estar presentes na forma de acetatos e ésteres etílicos. Os compostos etílicos resultam da combinação do grupo ácido proveniente de um ácido graxo e do grupo funcional álcool do etanol (BOULTON *et al.*, 1996).

Os ésteres etílicos mais importantes para o aroma são os de cadeia curta, que contribuem para o aroma frutado dos vinhos, tais como o butanoato de etila, 2-metilbutanoato de etila, isoálerato de etila, hexanoato de etila, octanoato de etila e decanoato de etila. Nos acetatos, o grupo funcional ácido é derivado do ácido acético e incluem compostos importantes para o aroma como o acetato de etila e acetato de isoamila (CLARKE e BAKKER, 2004). O acetato de etila em baixas concentrações confere ao vinho características frutadas, entretanto, em concentrações mais elevadas podem resultar em aroma pungente, de solvente (AZNAR *et al.*, 2007; LAGO-VANZELA *et al.*, 2015).

### **2.9.9 Compostos carbonilados – aldeídos e cetonas**

Um grande número de compostos carbonilados podem ser formados pelas leveduras por descarboxilação dos ácidos  $\alpha$ -cetônicos. Dentre estes, os principais são os ácidos pirúvico,  $\alpha$ -acetolático,  $\alpha$ -cetobutírico,  $\alpha$ -cetoisovalérico,  $\alpha$ -cetoisocaprólico,  $\alpha$ -ceto- $\beta$ -metil-valérico e cetohidróxibutírico (CLARKE e BAKKER, 2004). O acetaldeído, que é o aldeído formado em maior quantidade no vinho, é altamente volátil e possui odor descrito como pungente e que lembra o aroma de tinta (GURBUZ *et al.*, 2006). Este aldeído atua no desenvolvimento da cor do vinho tinto, promovendo reações de condensação entre as antocianinas, catequinas e taninos, formando pigmentos poliméricos estáveis resistentes à descoloração que o dióxido de enxofre pode ocasionar.

O hexanal e o hexenal são considerados produtos da oxidação enzimática dos ácidos linoleico e linolênico, que ocorre durante a prensagem da uva e seu aroma é descrito como herbáceo (CLARKE e BAKKER, 2004). A 2,3-butanodiona, geralmente referida como diacetila, é a cetona mais importante para o aroma dos vinhos. Quando está presente em vinhos em uma concentração superior a 5-7 mg L<sup>-1</sup>, é considerada de aroma indesejável. Entretanto, quando presente em concentração de 1-4 mg L<sup>-1</sup>, contribui de forma positiva, com aroma amanteigado ou de caramelo (WELKE *et al.*, 2013).

## **2.10 TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS**

A separação e identificação dos compostos voláteis é usualmente realizada por meio de cromatografia gasosa (CG) e de espectrometria de massas (EM), respectivamente. Essas análises são precedidas por uma operação muito importante, que é a extração e isolamento dos compostos voláteis da amostra. Diversos são os métodos utilizados para a extração e isolamento

dos compostos voláteis de uma amostra, dentre elas, extração líquido-líquido (LLE, do inglês: *liquid-liquid extraction*), extração em fase sólida (SPE, do inglês *solid phase extraction*), extração sortiva em barras de agitação (SBSE, do inglês: *stir bar sorptive extraction*), microextração em fase sólida (SPME, do inglês: *solid phase microextraction*) e técnicas genéricas de *headspace*. Dois tipos diferentes de análise do *headspace* podem ser empregados: *headspace* estático e *headspace* dinâmico.

No primeiro, a amostra é mantida em um recipiente fechado até que os compostos voláteis atinjam um equilíbrio termodinâmico entre a fase líquida e a fase gasosa, a uma determinada temperatura. Uma alíquota da fase gasosa é então recolhida e injetada no cromatógrafo gasoso. No *headspace* dinâmico há uma coleta contínua dos compostos voláteis, realizada em um sistema à vácuo ou pela passagem de um gás inerte. Um coletor, contendo materiais adsorventes, coleta e concentra os compostos voláteis. Posteriormente, os compostos voláteis são eluidos da armadilha, utilizando-se um solvente orgânico adequado, ou dessorvidos termicamente (BOSCH-FUSTE *et al.*, 2007; HERNANZ *et al.*, 2008).

Na extração líquido-líquido, a amostra aquosa é extraída com um solvente orgânico que não é solúvel, ou pelo menos é moderadamente solúvel, em água. A partição dos analitos ocorre de acordo com os seus coeficientes de distribuição entre as fases orgânica e aquosa. A LLE de compostos voláteis é geralmente realizada com um solvente orgânico tóxico. Além desta desvantagem, neste tipo de extração, comumente, ocorre a formação de emulsões. A LLE compreende várias fases, o que pode provocar a perda de analitos, como por exemplo, na etapa de evaporação do solvente, na qual, a degradação de alguns componentes e formação de outros podem ocorrer (ORTEGA-HERAS *et al.*, 2002).

A extração em fase sólida é semelhante à LLE, também requer uma etapa posterior de concentração para eliminar o excesso de solvente. Durante esta etapa, pode ocorrer perda de compostos voláteis e semivoláteis com pontos de ebulação inferiores à temperatura utilizada para a evaporação do solvente. As limitações da SPE, que incluem a realização de várias etapas, perdas durante a evaporação e risco de contaminação, levaram ao desenvolvimento de técnicas miniaturizadas como a SBSE e a SPME. (CASTRO *et al.*, 2008).

A extração sortiva em barras de agitação utiliza uma barra de agitação magnética recoberta por um polímero sorvente, que pode ser mergulhada na amostra líquida ou no caso da extração de compostos voláteis, esta pode ser mantida no *headspace* do frasco que contém a amostra. Os analitos podem ser dessorvidos termicamente no injetor do cromatógrafo ou através do uso de uma pequena quantidade de solvente. O polidimetilsiloxano (PDMS), em razão de suas propriedades de difusão e estabilidade térmica em ampla faixa de temperatura, tem sido

utilizado como fase de extração sortiva para a extração de compostos voláteis em diversos matrizes (WELDEGERGIS *et al.*, 2008).

Na microextração em fase sólida, uma pequena quantidade de fase sólida recobre uma fibra de sílica que está protegida no interior de uma agulha. Esta técnica se baseia na cinética de transferência de massa e nos princípios termodinâmicos que descrevem o equilíbrio de partição do analito entre as fases. A SPME, da mesma maneira que a SBSE, envolve dois processos: a sorção dos compostos voláteis da amostra no filme que recobre a fibra e a dessorção térmica dos compostos no injetor do cromatógrafo. Para análise apenas dos compostos voláteis, a fibra é exposta ao *headspace* da amostra, a uma determinada temperatura (HS-SPME) (SAMPAIO *et al.*, 2015; BIASOTO *et al.*, 2015).

A natureza química dos analitos determina o tipo de fase sorvente que deve ser utilizada na extração. Atualmente, vários tipos de fases estacionárias estão disponíveis comercialmente com diferentes espessuras e polaridades. A disponibilidade de fibras com diferentes polaridades oferece vantagens como seletividade, possibilidade de maior recuperação de analitos específicos e redução da extração de interferentes (WELKE *et al.*, 2013).

Desde a sua introdução, a SPME tem se mostrado promissora para a extração de voláteis de bebidas alcóolicas, como vinhos, lúpulo, malte, uísque, entre outras bebidas. A SPME é uma técnica que não emprega solvente, é rápida, facilmente acoplada à cromatografia a gás, apropriada para análise direta de matrizes complexas e têm proporcionado limites de detecção mais baixos do que os de outras técnicas de extração, como por exemplo a LLE e SPE (KOVACEVIC *et al.*, 2001; FANG e QIAN, 2006; CAMARA *et al.*, 2007; DE SCHUTTER *et al.*, 2008; PIZARRO *et al.*, 2010; BUTKHUP *et al.*, 2011).

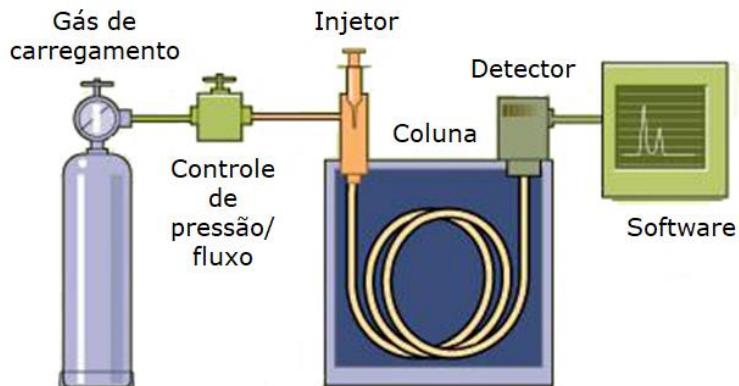
Em qualquer um dos métodos de *headspace* dinâmico descritos, é necessário se otimizar as condições de análise antes de utilizar a técnica na análise de uma determinada amostra. Volume de amostra, tempo de captura, tipo de polímero, tipo e volume de solvente para a dessorção, são alguns dos parâmetros que requerem otimização. Em qualquer um dos métodos acima descritos, o processo de isolamento de voláteis pode levar a uma extração ou dessorção preferencial, além da contaminação da amostra com artefatos ou impurezas dos solventes, dentre outros erros. Por isso, é preciso se assegurar que o perfil qualitativo e quantitativo dos voláteis de importância odorífera presentes no isolado assemelha-se ao da amostra (SAMPAIO *et al.*, 2013; SAMPAIO *et al.*, 2015; BIASOTO *et al.*, 2015).

## 2.11 TÉCNICAS DE DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS

Gases ou substâncias volatilizáveis podem ser separados utilizando a técnica denominada cromatografia gasosa (CG). A separação baseia-se na diferente distribuição das substâncias da amostra entre uma fase estacionária, conhecidas como colunas, que seu recheio pode ser sólido ou líquido; e a fase móvel é um gás inerte, cujo papel é transportar a amostra ao longo do processo, sendo empregados comumente nitrogênio, hélio ou hidrogênio.

A técnica de desenvolvimento usada em CG é a eluição, onde uma corrente de gás passa continuamente pela coluna (Figura 9) e, quando a amostra vaporizada é introduzida rapidamente nessa corrente de gás, ela é arrastada através da coluna. As substâncias presentes na amostra, depois de serem separadas, chegam ao detector, que gera um sinal para um sistema de registro e tratamentos dos dados (HEFTMANN, 2004; COLLINS, 2006).

Figura 9- Esquema de um cromatógrafo a gás



Fonte: Dctech, (2018).

O emprego de detectores como espectrômetros de massas acoplados à CG pode proporcionar maior seletividade e detectabilidade. A cromatografia gasosa associada a detector de espectrometria de massas (CG/EM) tem sido a técnica de referência para análise de compostos voláteis em diversas matrizes. Esta técnica apresenta bons resultados no campo dos vinhos e espumantes, entretanto, devido à complexidade da matriz, que envolve compostos de diferentes classes químicas e presentes em concentrações variadas (de  $\text{ng L}^{-1}$  até  $\text{mg L}^{-1}$ ), nem sempre fornece suficiente resolução e sensibilidade para a caracterização de aromas (SCHWAB *et al.*, 2008; WELKE *et al.*, 2012a; DENNIS *et al.*, 2012; WELKE *et al.*, 2013;).

## 2.12 IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS VOLÁTEIS

A identificação de compostos deve ser feita comparando-se os tempos de retenção e espectros de massas dos compostos voláteis desconhecidos com aqueles de compostos padrão. Esta comparação é feita realizando-se a análise da amostra e dos padrões no GC em coluna polar e apolar. Entretanto, o número de compostos voláteis de uma análise pode ser muito grande, o que em muitos casos torna economicamente limitante o uso de compostos padrão para a identificação (ROWE, 2005).

Através da análise por CG/EM é possível comparar os espectros de massas obtidos experimentalmente com aqueles reportados em biblioteca comercial de espectros de massas. Entretanto, este processo de identificação pode gerar incertezas na identificação dos compostos quando os espectros obtidos são semelhantes para diferentes compostos e, especialmente, quando se trata de isômeros presentes na amostra. A determinação dos índices de retenção, feita através da injeção de séries homólogas de compostos, é uma ferramenta auxiliar útil na identificação de compostos desconhecidos. A série de padrões de referência pode ser de alcanos, ésteres metílicos de ácidos graxos, álcoois ou outra série homóloga. Os índices de retenção mais estudados e aceitos são os índices de Kovats (KI) índice de retenção com programação linear de temperatura, também chamado de índice de Van Den Dool e Kratz (LTPRI, do inglês: *linear temperature programmed retention indexes*) (ZELLNER *et al.*, 2008).

O KI é utilizado quando condições isotérmicas são empregadas na análise cromatográfica e o cálculo é feito segundo a equação (KOVATS, 1958):

$$KI = 100n \left( \frac{\log t'R(x) - \log t'R(n)}{\log t'R(n+1) - \log t'R(n)} \right)$$

Onde:  $t'_{R(x)}$  é o tempo de retenção ajustado do composto desconhecido ( $x$ );  $t'_{R(n)}$  é o tempo de retenção ajustado do alcano linear menos retido pela fase estacionária do que o composto  $x$ ;  $t'_{R(n+1)}$  é o tempo de retenção ajustado do alcano linear mais retido que o composto  $x$ .

O índice de retenção (LTPRI) é utilizado quando a corrida cromatográfica é realizada com programação linear de temperatura. O cálculo do LTPRI é feito de acordo com a equação de Van Den Dool e Kratz (1963):

$$LTPRI = 100n + 100 \left( \frac{t_{RX} - t_{Rn}}{t_{R(n+1)} - t_{Rn}} \right)$$

Onde:  $t_{R(x)}$  é o tempo de retenção do composto desconhecido ( $x$ );  $t_{R(n)}$  é o tempo de retenção do alcano linear menos retido pela fase estacionária do que o composto  $x$ ;  $t_{R(n+1)}$  é o tempo de retenção do alcano linear mais retido que o composto  $x$ .

As diferenças entre as equações empregadas para o cálculo do KI e LTPRI estão na presença da escala logarítmica e dos tempos de retenção ajustado na equação de Kovats.

A comparação direta do LTPRI obtido com os valores de referência existentes na literatura tem sido uma das alternativas usadas para a identificação de compostos voláteis. Para auxiliar a identificação dos compostos voláteis, muitos autores vêm utilizando os tempos de retenção de uma série de alcanos para calcular o índice de retenção (IR) de cada composto volátil na amostra, conforme descrito por Ettre (1964), Sampaio *et al.* (2011), Sampaio *et al.* (2013), Sampaio *et al.* (2015) e Biasoto *et al.* (2015).

## REFERÊNCIAS

- AMARANTE, C. V. T. do; STEFFENS, C. A.; ARGENTA, L. C. Yield and fruit quality of 'Gala' and 'Fuji' apple trees protected by white anti-hail net. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, NL, v. 129, p. 79-85, 2011.
- AMERINE, M. A.; OUGH, C. S. **Análisis de vinos y mostos**. Zaragoza: Acribia, 1976. 158p.
- AMORIM, D. A.; REGINA, M. A.; FÁVERO, A. C.; MOTA, R. V.; PEREIRA, G. E. Elaboração de vinho tinto. **Informe Agropecuário**, v. 27, p. 65-76, 2006.
- ARAÚJO, J.A.C.; CASTELLANE, P.D. Recentes avanços da pesquisa agronômica na plasticultura brasileira. In: ARAUJO, J.A.C.; CASTELLANE, P.D. (Ed.). **Dez anos de plasticultura na FCAV**. Jaboticabal: FUNEP. p.67-68. 1996.
- AVELLONE, G.; DI GARBO, V.; CAMPISI, D.; DE SIMONE, R.; RANELI, G.; SCAGLIONE, R.; LICATA, G. Effects of moderate Sicilian red wine consumption on inflammatory biomarkers of atherosclerosis. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 60, p. 41–47, 2006.
- AZNAR, M.; ARROYO, T. Analysis of wine volatile profile by purge-and-trap-gas chromatography–mass spectrometry: Application to the analysis of red and white wines from different Spanish regions. **J. Chromatogr.** V.1165, p. 151-157. 2007.
- BAENA-RUANO, S.; SANTOS-DUENAS, I.M.; MAURICIO, J.C.; GARCIA-GARCIA, I. Relationship between changes in the total concentration of acetic acid bacteria and major volatile compounds during the acetic acid fermentation of white wine. **J. Sci. Food Agric.** V. 90, p. 2675-2681, 2010.
- BIASOTO, A. C. T.; SAMPAIO, K. L.; MARQUES, E. J. N.; DA SILVA, M. A. A. P. Dynamics of the loss and emergence of volatile compounds during the concentration of cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.) and the impact on juice sensory quality. **Food Research International**, v. 69, p. 224-234, 2015.
- BORGHEZAN, M. Formação e maturação da uva e os efeitos sobre os vinhos: Revisão. **Ciência Téc. Vitiv.** v. 32 (2) 126-141. 2017.
- BRANT, L.A.C.; FIGUEREDO, G.M.; MOTA, R.V. da. Vinhos de inverno do Sudeste brasileiro. **Territoires du Vin**. Novos territórios do vinho, do temperado ao tropical, v.9, 2018. Disponível em: <<https://preo.u-bourgogne.fr/territoiresduvin>>. Acesso em: 31 jul. 2020.
- BRASIL. Congresso nacional. **Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996**. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 1996
- BRIGHENTI, E.; TONIETTO, J. O clima de São Joaquim para a viticultura de vinhos finos: classificação pelo sistema CCM geovitícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8, Florianópolis. **Anais eletrônicos**. Florianópolis. 2004.

BRIGHENTI, A.F.; BRIGHENTI, E.; BONIN, V.; RUFATO, L.; Caracterização fenológica e exigência térmica de diferentes variedades de uvas viníferas em São Joaquim, Santa Catarina – Brasil. **Ciência Rural**, online, 2013.

BRIGHENTI, A.F.; MALINOVSKI, L. I.; STEFANINI, M., VIEIRA, H. J.; SILVA, A. L. da. Comparação entre as regiões vitícolas de São Joaquim - SC, Brasil e San Michele All'Adige – TN, Itália. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 37, p. 281-288, 2015.

BONNARDOT, V.M.F.; CAREY, V.A.; PLANCHON, O.; CAUTENET, S. Sea breeze mechanism and observations of its effects in the Stellenbosch wine producing area. Wynboer, v. 147, p. 10-14, 2001.

BOSCH-FUSTE, J.; RIU-AUMATELL, M.; GUADAYOL, J.M.; CALXACH, J.; LOPEZ-TAMAMAES, E.; BUXADERAS, S.; Volatile profiles of sparkling wines obtained by three extraction methods and gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS) analysis. **Food Chem.** v. 105, 428. 2007.

BOULTON, R.B. The copigmentation of anthocyanins and its role in the colour of red wine: A critical review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.55, p.67-87, 2001.

BURIN, V.M.; COSTA, L.L.F.; ROSIER, J.P.; BORDIGNON-LUIZ, M.T. Cabernet Sauvignon wines from two different clones, characterization and evolution during bottle ageing. **LWT – Food Science and Technology**, v. 44, p. 193-1938, 2011.

BUTKHUP, L.; JEENPHAKDEE, M.; JORJONG, S.; SAMAPPITO, S.; SAMAPPITO, W.; CHOWTIVANNAKUL, S. HS-SPME-GC-MS analysis of volatile aromatic compounds in alcohol related beverages made with mulberry fruits. **Food Sci. Biotechnol.** v. 20, 1021, 2011.

BRAND-MILLER, J.C.; FATIMA, K.; MIDDLEMISS, C.; BARE, M.; LIU, V.; ATKINSON, F.; PETOCZ, P. Effect of alcoholic beverages on postprandial glycemia and insulinemia in lean, young, healthy adults. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v.85, p.1545-1551, 2007.

CAMARA, J.S.; MARQUES, J.C.; PERESTRELO, R.M.; RODRIGUES, F.; OLIVEIRA, L.; ANDRADE, P.; CALDEIRA, M. Comparative study of the whisky aroma profile based on headspace solid phase microextraction using different fibre coatings. **J. Chromatogr.** v. 1150, 198, 2007.

CAMARGO, U.A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. Progresso na viticultura brasileira. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 144-149, 2011.

CARBONNEAU, A. Place du microclimat de la partie aérienne parmi les facteurs déterminant les productions viticoles. **Bulletin de l'O.I.V.**, v. 57, n. 640, p. 473-477, 1984.

CASTRO, R.; NATERA, R.; DURÁN, E.; GARCÍA-BARROSO, C. Application of solid phase extraction techniques to analyse volatile compounds in wines and other enological products Eur. **Food Res. Technol.** v. 228, 1, 2008.

CHAVARRIA, G., SANTOS, H.P. dos, Cultivo protegido de videira: manejo fitossanitário, qualidade enológica e impacto ambiental, **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v.35, p.910-918, 2013.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. dos; FIN, E.; SÔNEGO, O. R.; GARRIDO, L. da R.; MARODIN, G. A. B. Dispersão anemófila de esporangiospóros de Plasmopara vitícola em cultivos protegido e convencional de videira. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v.31, p.710-717, 2009.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. dos; ZANUS, M. C.; MARODIN, G. A. B.; ZORZAN, C. Cobertura plástica sobre o vinhedo e suas influências nas características físico-químicas do mosto e do vinho. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v.33, p.809- 815, 2011.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H.P. dos, CASTRO, L.A.S.de MARODIN, G.A.B., BERGAMASCHI, H., Anatomy, chlorophyll content and photosynthetic potential in grapevine leaves under plastic cover, **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 34, p.661-668, 2012.

CLARKE, R.J.; BAKKER, J.; **Wine flavour chemistry**; Blackwell Publishing: Oxford, 2004.

CIOLA, R. **Fundamentos da cromatografia a líquido de alto desempenho: HPLC**. Edgard Blucher: São Paulo, 1998, 179p.

COLLINS, C.H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Fundamentos de cromatografia**. Ed.: Unicamp: São Paulo, 2006. 456 p.

CONDE, C.; SILVA, P.; FONTES, N.; DIAS, A. C. P.; TAVARES, R. M.; SOUSA, M. J.; AGASSE, A.; DELROT, S.; GERÓS, H. Biochemical Changes throughout Grape Berry Development and Fruit and Wine Quality. **Global Science Books Food** v. 1, 1-22 2007.

COOMBE, B. G. The regulation of set and development of the grape berry, **Acta horticulturae**, v. 34, p. 261-273, 1973.

DCTECH. **Entendendo o sistema de um Cromatógrafo Gasoso (CG)**. 30 novembro de 2018. By DCtech Laboratory Technologies. Disponível em: <<https://www.dctech.com.br/entendendo-um-sistema-de-cromatografia-gasosa-cg/>>. Acesso em: mai. 2022.

DELOIRE, A.; KRAEVA, E.; DAÍ, G. H.; RENAULT, A. S.; ROCHARD, J.; CHATELAIN, C.; CARBONNEAU, A.; ANDARY, C. Les mécanismes de défense de la vigne. Des utilisations possibles pour lutter contre les pathogènes. **Phytoma**, v. 510, p.46-51, 1998.

DENNIS, E.G., KEYZERS, R.A.; KALUA, C.M.; MAFFEI, S.M.; NICHOLSON, E.L.; BOSS, P.K. Grape Contribution to Wine Aroma: Production of Hexyl Acetate, Octyl Acetate, and Benzyl Acetate during Yeast Fermentation Is Dependent upon Precursors in the Must. **J. Agric. Food Chem.** 2012, 60, 2638.

DE SCHUTTER, D.P.; SAISON, D.; DELVAUX, F.; DERDELINCKX, G.; ROCK, J.-M.; NEVEN, H.; DELVAUX, F.R. Optimisation of wort volatile analysis by headspace solid-phase microextraction in combination with gas chromatography and mass spectrometry. **J. Chromatogr.** v.1179, 75, 2008.

DETTONI, A. M.; CLEMENTE, C.; FORNARI, C. Produtividade e qualidade da uva ‘Cabernet Sauvignon’ produzida sob cobertura de plástico em cultivo orgânico. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.530-534, 2007.

DIAS, F.A.N.; MOTA, R. V.; FAVERO, A. C.; PURGATTO, E.; SHIGA, T. M.; SOUZA, C. R. de; PIMENTEL, R. M. de A.; REGINA, M. de A. Videira ‘Syrah’ sobre diferentes porta-enxertos em ciclo de inverno no Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.47, 208-215, 2012.

DIAS, F.A.N.; MOTA, R. V. da; SOUZA, C. R. de; PIMENTEL, R. M. A.; SOUZA, L. C.de; SOUZA, A. L.de; REGINA, M. A. Rootstock on vine performance and wine quality of ‘Syrah’ under double pruning. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.74, p.134-141, 2017.

DUDLEY, J. I.; LEKLI, I.; MUKHERJEE, S.; DAS, M.; BERTELLI, A. A.; DAS, D. K. Does white wine qualify for French paradox? Comparison of the cardioprotective effects of red and white wines and their constituents: resveratrol, tyrosol, and hydroxytyrosol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 9362-9373, 2008.

EMBRAPA UVA E VINHO. **Indicações Geográficas de vinhos no Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/uva-e-vinho/indicacoes-geograficas-de-vinhos-do-brasil>>. Acesso em: set/2022.

EPAGRI/CEPA – Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. “**Monitoramento de safras e mercado agrícolas: Produção de uvas, safra 2017/18**”. Disponível em: <<https://www.infoagro.sc.gov.br/safra/>>. Acesso em out/2022.

ETTRE, L. S. **The kováts retention index system**. Analytical Chemistry, v.36, p.31-41, 1964.

FALCADE, I.; TONIETTO, J. A viticultura para vinhos finos e espumantes na região da Serra Gaúcha, Brasil: topônimos e distribuição geográfica. Bento Gonçalves: **EMBRAPACNPUV**; Caxias do Sul: UCS, 1995. 27p. (EMBRAPA-CNPUV. Documentos, 13).

FALCADE, I.; MANDELLI, F.; FLORES, C. A.; FASOLO, P. J.; POTTER, R O. **Vale dos Vinhedos: caracterização geográfica da região**. Caxias do Sul: EDUCS; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1999. 144p.

FALCÃO, L. D.; CHAVES, E. S.; BURIN, V. M.; FALCÃO, A. P.; GRIS, E. F.; BONIN V.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Maturity Cabernet Sauvignon berries from grapevines grown with two different training systems in a new grape growing region in Brazil. **Ciencia e Investigación Agraria**, v., 35, 321-332, 2008a.

FALCÃO, L. D.; DE REVEL, G.; PERELLO, M. C.; RIQUIER, L.; ROSIER, J. P.; UBERTI, A.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Volatile profile characterization of young Cabernet Sauvignon wines from a new grape growing region in Brazil. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 42, p. 133-144, 2008b.

FANG, Y.; QIAN, M.; FLAVOUR FRAG. Aroma compounds in Oregon Pinot Noir wine determined by aroma extract dilution analysis (AEDA). **Flavour Frag. J.** v. 20, 22, 2005.

FAVERO, A.C.; AMORIM, D. A.; MOTA, R. V.; SOARES, A. M.; SOUZA, C. R.; REGINA, M. A. Double-pruning of ‘Syrah’ grapevines: a management strategy to harvest wine grapes during the winter in the brazilian Southeast. **Vitis**, v.50, p.151-158, 2011.

FAVERO, A.C.; AMORIM, D. A.; MOTA, R. V.; SOARES, A. M.; REGINA, M. A. Viabilidade de produção da videira ‘Syrah’, em ciclo de outono inverno, na região Sul de Minas Gerais. **Rev. Bras. Frutic**, v.30, p.685-690, set. 2008.

FALCÃO, L. D. **Caracterização analítica e sensorial de vinhos Cabernet Sauvignon de diferentes altitudes**. 150f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

FRANKEL, E. N.; WATERHOUSE, A. L.; TEISSEDRE, P. L. Principal phenolic phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low-density lipoproteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 890–894, 1995.

FERNANDES, G. V. **Ecofisiologia da videira (*Vitis vinifera l.*) sob cultivo protegido, variedades Sauvignon blanc, Cabernet sauvignon e Merlot**. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis-SC. 2014.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.A.; ALMELA, L.; MUÑOZ, J. A.; HIDALGO, V.; CARREÑO, J. Dependence between colour and individual anthocyanin content in ripening grapes. **Food Research International**, v.31, n.9, p. 667-672, 1998.

FIDELIBUS, M.W.; CHRISTENSEN, L.P.; KATAYAMA, D.G.; VERDENAL, P.T. Yield components and fruit composition of six Cabernet Sauvignon grapevine selections in the Central San Joaquin Valley, California. **Journal of the American Pomological Society**, v.60, p.32-36, 2006.

FOCHESATO, M. L.; SOUZA, P. V. D.; AGOSTINI, S. Obtenção de duas safras por ciclo vegetativo pelo manejo da poda. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 53-57, 2007.

GENOVESE, A.; GAMBITI, A.; PIOMBINO, P.; MOIO, L.; Sensory properties and aroma compounds of sweet Fiano wine. **Food Chemistry** 103(4):1228-1236. 2007.

GIOVANNINI, E.; MANFROI, V. **Viticultura e Enologia: Elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros**. 1 ed. Bento Gonçalves: IFRS, 2009.

GRIS, E. F.; BURIN, V. M.; BRIGHENTI, E.; VIEIRA, H.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Phenology and ripening of *Vitis vinifera L.* grape varieties in São Joaquim, southern Brazil: a new South American wine growing region. **Ciencia e Investigación Agraria**, v.37 (2): 61-75. 2010.

GRUBERT, L. C. O que é a cromatografia líquida de alta eficiência? By Freitag Laboratórios. 12 de julho de 2018. **Blog Freitag.** Disponível em: <<https://freitag.com.br/blog/o-que-e-a-cromatografia-liquida-de-alta-eficiencia/>>. Acesso em: mai. 2022.

GUERRA, C. C. **Recherches sur les interactions anthocyanes-flavanols: application à l'interpretation chimique de la couleur des vins rouges.** Thèse de Doctorat, University Victor Segalen Bordeaux 2, Bordeaux, 1997.

GURBUZ, O.; ROUSEFF, J.M.; ROUSEFF, R.L.; Comparison of aroma volatiles in commercial Merlot and Cabernet Sauvignon wines using gas chromatography-olfactometry and gas chromatography-mass spectrometry. **J. Agric. Food Chem.** 54, 3990–3996 3990. 2006.

HEFTMANN, E.; Fundamentals and applications of chromatography and related differential migration methods-Part B: Applications. Chromatography; **Elsevier:** Amsterdam, 2004.

HERNANZ, D.; GALLO, V.; RECAMALES, A.F.; MELENDEZ-MARTINEZ, A.J.; HEREDIA, F.J. Comparison of the effectiveness of solid-phase and ultrasound-mediated liquid-liquid extractions to determine the volatile compounds of wine. **Talanta** v. 76, 929, 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário de 2020:** dados preliminares. 2020. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 set. 2021.

IGLESIAS, I.; ALEGRE, S. The effect of anti-hail nets on fruit protection, radiation, temperature, quality and profitability of 'Mondial Gala' apples. **Journal of Applied Horticulture**, Lucknow, v. 8, p. 91-100, 2006.

JACKSON, D. **Monographs in Cool Climate Viticulture – 2: Climate.** Daphne Brasell Associates Ltd, Wellington. 2001.

JOHNSON, H.; ROBINSON, J.; **Atlas mundial do vinho.** 7. Ed. – São Paulo: Globo Estilo, 2014.

JONES, G. V.; DAVIS, R. E. Using a synoptic climatological approach to understand climate viticulture relationships. **International Journal of Climatology**, v. 20, p.813-837, 2000.

JONES, G.V.; DUCHENE, E.; TOMASI, D.; YUSTE, J.; BRASLAVKSA, O.; SCHULTZ, H.; MARTINEZ, C.; BOSO, S.; LANGELLIER, F.; PERRUCHOT, C.; G. GUIMBERTEAU. Changes in European Winegrape Phenology and Relationships with Climate, GESCO, 2005. **XIV Internationales Weinbau-Symposium.** Geisenheim, Germany, 2005.

KARATZI, K. N.; PAPAMICHAEL, C. M. P.; KARATZIS, E. N.; PAPAIOANNOU, T. G.; AZNAOURIDIS, K. A.; KATSICHTI, P. P.; STAMATELOPOULOS, K. S.; ZAMPELAS, A.; LEKAKIS, J. P.; MAVRIKAKIS, M. E. Red wine acutely induces favorable effects on wave reflections and central pressures in coronary artery disease patients. **American Journal of Hypertension**, v.18, p. 1161–1167, 2005.

KENNEDY, J. A. **Understanding grape berry development.** Practical Winery e Vineyard, p. 14-18, 2002.

KENNEDY, J.A.; MATTHEWS, M.A.; WATERHOUSE, A.L. Changes in grape seed polyphenols during fruit ripening. **Phytochemistry**, v.55, p.77-85, 2000.

KOVACEVIC, M.; KAC, M. Solid-phase microextraction of hop volatiles: Potential use for determination and verification of hop varieties. **J. Chromatogr.** v. 918, 159, 2001.

KOVATS, E.; Gas-chromatographische Charakterisierung organischer Verbindungen en Teil 1: Retentionsindices aliphatischer Halogenide, Alkohole, Aldehyde und Ketone. **Helv. Chim. Acta**, 1958.

LAGO-VANZELA, E. S.; BAFFI, M. A.; SILVA, R. **Uvas e vinhos: química, bioquímica e microbiologia.** São Paulo: Editora Unesp, Editora Senac, 2015.

LAMBRECHTS, M.G.; PRETORIUS, I.S.; Yeast and its Importance to Wine Aroma - A Review. **South African J. Enol. Vitic.** v. 21, Special Issue, 2000.

MARTI, M.P.; MESTRES, M.; SALA, C.; BUSTO, O.; GUASCH, J. Study of phenolic and volatile composition of white wine during fermentation and a short time of storage. **J. Agric. Food Chem.** v. 51, 7861, 2003.

LEÃO, P.C. S. de; SILVA, E. E. G. Caracterização fenólica e requerimentos térmicos de variedades de uvas sem sementes no vale do São Francisco. **Rev. Bras. Frutic.**, p. 458-460, 2003.

LEE, S. H.; SEO, M. J.; RIU, M.; COTTA, J. P.; BLOCK, D. E.; DOKOOZLIAN, N. K.; Vine microclimate and norisoprenoid concentration in Cabernet. **Journal Cleaner Production**. v. 111, p. 172-180, 2007.

LOPEZ-VELEZ, M.; MARTINEZ-MARTINEZ, F.; VALLE-RIBES, C. The study of phenolic compounds as natural antioxidants in wine. Critical Reviews in **Food Science and Nutrition**, v. 43, p. 233-244, 2003.

MATEJICEK, D.; MIKES, O.; KLEJDUS, B.; STERBOVÁ, D.; KUBÁN V. Changes in contents of phenolic compounds during maturing of barrique red wines. **Food Chemistry**, v. 90, p. 791–800, 2005.

MATEUS, N.; PROENÇA, S.; RIBEIRO, P.; MACHADO, J. M.; DE FREITAS, V. Grape and wine polyphenolic composition of red *Vitis vinifera* varieties concerning vineyard altitude. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 3, n. 2, p. 102-110, 2001.

MANDELLI, F. **Comportamento fenológico das principais cultivares de Vitis vinifera L. para a região de Bento Gonçalves, RS.** Dissertação (Mestrado Fruticultura em Agrometeorologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 125 f. 1984.

MANDELLI, F. **Relações entre variáveis meteorológicas, fenologia e qualidade da uva na “Serra Gaúcha”.** Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 196 f. 2002.

MATTIVI, F. Resveratrol content in red and rose wines produced in Trentino (Italy) and currently available on the market. **Rivista di Viticoltura e di Enologia**, v. 1, p. 37–45, 1993a.

MATTIVI, F. Solid phase extraction of trans-resveratrol from wines for HPLC analysis. **Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und- Forschung**, v. 196, p. 522–525, 1993b.

MATTIVI, F.; GUZZON, R.; VRHOVSEK, U.; STEFANINI, M.; VELASCO, R. Metabolite profiling of grape: flavonols and anthocyanins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 7692-7702, 2006.

MATTIVI, F.; ZULIAN, C.; NICOLINI, G.; VALENTI, L. Wine, biodiversity, technology, and antioxidants. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 957, p. 37-56, 2002.

MAZZA, G.; MINIATI, E. **Anthocyanins in fruits, vegetables and grains**. Florida: Boca Raton, CRC Press, 1993. 362p.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. Vitivinicultura brasileira: panorama 2021: **Comunicado Técnico 226**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa. Dezembro, 2022.

Disponível em: <

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1149674/1/Com-Tec-226.pdf>>  
Acesso em: 20 dez. 2022.

MONAGAS, M.; BARTOLOMÉ, B.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C. Evolution of polyphenols in red wines from *Vitis vinifera* L. during aging in the bottle II. Non-anthocyanin phenolic compounds. **European Food Research and Technology**, v. 220, p. 331-340, 2005.

MOTA, R. V.; REGINA, M. A.; AMORIM, D. A.; FÁVERO, A. C. Fatores que afetam a maturação e a qualidade da uva para vinificação. **Informe Agropecuário**, v. 27, p. 56-64, 2006.

MOTA, R.V. da et al. Composição físico-química de uvas para vinho fino em ciclos de verão e inverno. **Rev. Bras. Frutic**, v.32, p.1127-1137, 2010.

MOTA, R.V. da; RAMOS, C. L.; PEREGRINO, I.; HASSIMOTTO, N. M. A.; PURGATTO, E.; SOUZA, C. R.de; DIAS, D. R.; REGINA, M. A. Identification of the potential inhibitors of malolactic fermentation in wines. **Food Science and Technology**, Campinas, v.38, p.174-179, Dec. 2018.

MULLINS, M. G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, L. E. **Biology of the grapevine**. New York: Cambridge University Press, 239 p. 1992.

MURAKAMI, K. R.; CORDEIRO, A. J. C.; CEREJA, B. S.; BARROS, J. C. S. M.; MARINHO, C. S. Caracterização fenológica da videira cv. Itália (*Vitis vinifera* L.) sob diferentes épocas de poda da região norte do estado do Rio de Janeiro. **Rev. Bras. Frutic**, v. 24, p. 615-617, 2002.

NARDINI, M.; FORTE, M.; VRHOVSEK, U.; MATTIVI, F.; VIOLA, R.; SCACCINI, A. C. White wine phenolics are absorbed and extensively metabolized in humans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 57, p. 2711-2718, 2009.

NETO, F. R. A.; NUNES, D. S. S. **Cromatografia: Princípios básicos e técnicas afins**. Interciênciam: Rio de Janeiro, 2003, 187p.

ORELLANA, M.; VARELA, N.; GUAJARDO, V.; ARAYA, J.; RODRIGO, R. Modulation of rat liver cytochrome P450 activity by prolonged red wine consumption. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, v. 131, p. 161-166, 2002.

PEDRO JUNIOR, M.J., HERNANDES, J.L., BLAIN, G.C., ROLIM, G. de S., Microclima em vinhedos de ‘Niagara rosada’ em diferentes sistemas de condução durante safras de inverno e de verão, **Rev. Bras. Frutic.**, v. 35, p. 151-158, 2013.

PIZARRO, C.; PEREZ-DEL-NOTARIO, N.; GONZALEZ-SAIZ, J.M. Optimisation of a simple and reliable method based on headspace solid-phase microextraction for the determination of volatile phenols in beer **J. Chromatogr.** v.1217, 6013, A 2010.

PRIEUR, C.; RIGAUD, J.; CHEYNIER, V.; MOUTOUNET, M. Oligomeric and polymeric procyanidins from grape seeds. **Phytochemistry**, v. 36, p. 781–784, 1994.

POMMER, CELSO VALDEVINO. **Uva: Tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre. Editora: Cinco Continentes, 2003.

RAVEN, P. H.; EVERET, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6º Ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2001, 906 p.

REGINA, M. de A.; DO CARMO, E.L.; FONSECA, A.R.; PURGATTO, E.; SHIGA, T.M.; LAJOLO, F.M.; RIBEIRO, A.P.; da MOTA, R.V. Influência da altitude na qualidade das uvas “Chardonnay” e “Pinot Noir” em Minas Gerais. **Rev. Bras. Frutic**, v.32, p. 143 – 150, 2010.

REGINA, M. de A.; MOTA, R.V. da; AMORIM, D.A. de. Vinhos finos: novos horizontes em Minas Gerais. Informe Agropecuário. EPAMIG: 35 anos de pesquisa, Belo Horizonte, v.30, 158-167, 2009. Edição especial.

REGINA, M. de A.; MOTA, R.V. da.; SOUZA, c. r.; FAVERO, A. C. Viticulture for the wines in brazilian Southeast. **Acta Horticulturae**, v.910, p.113-120, 2011.MOTA

RENAULD, S.; LORGERIL, M. Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. **Lancet**, v. 339, p. 1523-1526, 1992.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Traité d'oenologie** 2. Chimie du vin stabilisation et traitements. 5º Ed. Dunod: Paris, 564p. 1998.

RIBÉREAU-GAYON P.; GLORIES Y.; MAUJEAN A.; D., D.; **Handbook of Enology: The Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments**; John Wiley & Sons: Bordeaux, 2000.

RIBÉREAU-GAYON, P.; STONESTREET, E. **Le dosage des anthocyanes dans le vin rouge.** Bulletin de la Société Chimique de France, v. 419, p. 2649-2652, 1965.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv.cabernet sauvignon para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, p. 192-198, 2002.

ROBERTO, R.F.; COLOMBO, L.A., ASSIS, A.M. de; Cultivo protegido em viticultura, **Ciência Téc. Vitiv.** v. 6, p.11-16. 2011.

ROBICHAUD, J. L.; NOBLE, A. C. Astringency and bitterness of selected phenolics in wine. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 53, p.343–353, 1990.

ROBREDO, L. M.; JUNQUERA, B; GONZALEZ-SAN JOSE, M. L.; BARRON, L. J. R. Biochemical events during ripening of grape berries. **Italian Journal of Food Science**, v. 3, p. 173–180, 1991.

ROMEYER F. M.; MACHEIX, J. J.; GOIFFON, J. J.; REMINIAC, C. C.; SAVIS, J. C. The browning capacity of grapes. 3. Changes and importance of hydroxycinnamic acid-tartaric acid esters during development and maturation of the fruit. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v 31, p.339-346, 1983.

ROSIER, J. P. Vinhos de altitude: característica e potencial na produção de vinhos finos brasileiros. **Informe Agropecuário**, v. 27, p. 105-110, 2006.

ROSIER, J. P.; CARNEIRO, M.; MIOTTO, R. Teores de resveratrol em vinhos sul-americanos. In: Congresso brasileiro de viticultura e enologia, 10, 2003, Bento Gonçalves. **Anais Eletrônicos**. Bento Gonçalves, 2003.

ROWE, D.; **Chemistry and Technology of Flavours and Fragrances**: Cornwall, 2005.

ROYCHOWDHURY, S.; WOLF, G.; KEILHOFF, G.; BAGCHI, D.; HORN, T. Protection of primary glial cells by grape seed proanthocyanidin extract against nitrosative/oxidative stress, Nitric Oxide: **Biology and Chemistry. Nitric Oxide**, v. 5, p.137-149, 2001.

SAITO, M.; HOSOYAMA, H.; ARIGA, T.; KATAOKA, S.; YAMAJI, N. Antiulcer activity of grape seed extract and procyanidins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 1460–1464, 1998.

SAMPAIO, K. L.; BIASOTO, A. C. T.; DA SILVA, M. A. A. P. Comparison of techniques for the isolation of volatiles from cashew apple juice. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, p. 299-312, 2015.

SAMPAIO, K.L.; BIASOTO, A.C. T., NASCIMENTO E.J.M; CALDAS E.A.B.; DA ILVA, M.A.A.P. Dynamics of the recovery of aroma volatile compounds during the concentration of cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.). **Food Research International**, v. 51, p. 335-343, 2013.

SAMPAIO, K.L.; GARRUTI, D.S.; FRANCO, M.R.; JANZANTTI, N.S.; DA SILVA, M.A.A.P. Aroma volatiles recovered in the water phase of cashew apple (*Anacardium*

*occidentale* L.) juice during concentration. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, p. 1801-1809, 2011.

SANTOS, H.P.; CHAVARRIA, G. **Cultivo de videira em ambiente protegido**. In: Fruticultura em ambiente protegido. Brasília: Embrapa, 278p. 2012.

SCHWAB, W.; DAVIDOVICH-RIKANATI, R.; LEWINSOHN E. Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. **The Plant Journal**, v. 54, p. 712–732. 2008.

SCHWARZ, M.; WABNITZ, T. C.; WINTERHALTER, P. Pathway leading to the formation of anthocyanin-vinylphenol adducts and related pigments in red wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 3682–3687, 2003.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 5. ed. Guaíba: Plasticultura Gaúcha Agropecuária, 1995. 341 p.

SILVA, L. R.; ANDRADE, P- B.; VALENTÃO, P.; SEABRA, R. M.; TRUJILLO, M. E.; VELÁZQUEZ, E. Analysis of non-coloured phenolics in red wine: Effect of Dekkera bruxellensis yeast. **Food Chemistry**, v. 89, p. 185-189, 2005.

SILVA, R. P.; DANTAS, G. G.; NAVES, R. V.; CUNHA, M. G. Comportamento fenológico de videira, cultivar Patrícia em diferentes épocas de poda de frutificação em Goiás. **Fitotecnia**, v. 65, p. 399-406, 2006.

SMART, R.E., DICK, J.K., GRAVETT, I.M., FISHER, B.M., Canopy management to improve grape yield and wine quality. Principles and practices. **South African Journal for Enology and Viticulture**, v.11, p. 3–17, 1990.

SOUQUET, J. M.; CHEYNIER, V.; BROSSAUD, F.; MOUTOUNET, M. Polymeric proanthocyanidins from grape skins. **Phytochemistry**, v. 43, p. 509–512, 1996.

SOUZA, C.; MOTA, R. V. da.; DIAS, F. A. N.; MELO, E. T. de.; SOUZA, L. C.; SOUZA, A. L. de.; PIMENTEL, R. M. de A.; REGINA, M. de A. Starch accumulation and agronomical performance of Syrah under winter cycle: responses to pruning and ethephon management. **Vitis**, v.54, p.195- 201, 2015.

STOFEL, C.B. **Padrões Sazonais de Florescimento e Desenvolvimento de Frutos em videira ‘Niágara Rosada’ (*Vitis labrusca* L.)**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 55p. 2012.

STYGER, G.; PRIOR, B.; BAUER, F.F. Wine flavor and aroma. **J. Ind. Microbiol. Biotechnol.** v. 38, p. 1145. 2011.

SUN, Q.; SACKS, G.L.; LERCH, S.D.; VANDEN HEUVEL, J.E.; Impact of shoot thinning and harvest date on yield components, fruit composition, and wine quality of Marechal Foch. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 62, p. 32–41, 2011.

SWIEGERS, J.H.; PRETORIUS, I.S. In Advances in Applied Microbiology; Laskin, A.I. (Edt.); Elsevier: Londres, p. 131, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 858 p. 2017.

TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P.; POMMER, C. V. **Tecnologia para a produção de uva Itália na região noroeste do estado de São Paulo**. 2nd ed. Campinas: Cati, 58 p. 1998.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions congress 73. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 124, p. 81-97, 2004.

TONIETTO, J.; MANDELLI, F. Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado. **Embrapa**, 2003. Disponível em:  
<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvasViniferasRegioesClima-Temperado/clima.htm>. Acesso em: 13 maio 2019.

TONIETTO, J.; PEREIRA, G. E.; PEREGRINO, I.; REGINA, M. de A. Potencial para construção de Indicações Geográficas de vinhos de inverno do Sudeste brasileiro. **Informe Agropecuário**. Vinhos de inverno, Belo Horizonte, v.41, p.00-00, 2020.

TONIETTO, J. Valorização do ecossistema: Importância da regionalização vitivinícola na produção de vinhos de qualidade. **VII Viticulture and ecology Latin-America 73 Congress**. Montevideo/URU, 2001.

TONIETTO, J.; VIANELLO, R.L.; REGINA, M. de A. Caracterização macroclimática e potencial enológico de diferentes regiões com vocação vitícola em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**. Vinho finos: rumo à qualidade, Belo Horizonte, v.27, p.32-55, 2006.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P.D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **J. Chromatogr.**, v.11, p. 463 - 471. 1963.

VITRAC, X.; BORNET, A.; VANDERLINDE, R.; VALLS, J.; RICHARD, T.; DELAUNAY, J-C.; MRILLON, J-M.; TEISSEDRE, P-L. Determination of stilbenes ( $\delta$ -viniferin, trans-astringin, trans-piceid, cis- and transresveratrol, viniferin) in Brazilian wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 5664–5669, 2005.

VRHOVSEK, U. Extraction of hydroxycinnamoyltartaric acids from berries of different grape varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4203-4208, 1998.

WATSON, B. **Evaluation of winegrape maturity**. In: E. W. HELLMAN (Ed). Oregon Viticulture, Oregon State University Press, Corvallis, Oregon, p. 235-245, 2003.

WELDEGERGIS, B.T.; CROUCH, A.M. Analysis of Volatiles in Pinotage Wines by Stir Bar Sorptive Extraction and Chemometric Profiling. **J. Agric. Food Chem.** V. 56, p. 10225, 2008.

WELKE, J. E.; MANFROI, V., ZANUS, M.; LAZZAROTO, M.; ZINI, A. Characterization of the volatile profile of Brazilian Merlot wines through comprehensive two-dimensional gas chromatography time-of-flight mass spectrometric detection. **Journal of Chromatography A**, v. 1226, p. 124– 139, 2012a.

- WELKE, J. E.; MANFROI, V., ZANUS, M.; LAZZAROTO, M.; ZINI, A. Differentiation of wines according to grape variety using multivariate analysis of comprehensive two-dimensional gas chromatography with time-of-flight mass spectrometric detection data. **Food Chemistry**, v. 141, p. 3897–3905, 2013.
- WELKE, J. E.; ZANUS, M.; LAZZAROTO, M.; SCHMITT, K. G.; ZINI, A. Volatile characterization by multivariate optimization of headspace-solid phase microextraction and sensorial evaluation of Chardonnay base wines. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 23, 678-687, 2012b.
- WELKE, J. E.; ZINI, A. Comprehensive Two-Dimensional Gas Chromatography for Analysis of Volatile Compounds in Foods and Beverages. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 22, p. 609-622, 2011.
- WINKLER, A.; COOK, J. A.; KLIEWER, W. M.; LIDER, L. A. **General Viticulture**, 4<sup>a</sup> Ed., University of California Press: California, 710 p. 1974.
- WINTERHALTER, P.; SCHREIER, P. C13-Norisoprenoid glycosides in plant tissues: An overview on their occurrence, composition and role as flavour precursors. **Flavour and Fragrance Journal**. v. 9, p. 281, 1994.
- WOLPERT, J.A.; KASIMATIS, A.N.; VERDEGAAL, P.S. Viticultural Performance of Seven Cabernet Sauvignon clones in the Northern San Joaquin Valley, California. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 46, p. 437-441, 1995.
- ZAFRILLA, P.; MORILLAS, J.; MULERO, J.; CAYUELA, J.M.; MARTÍNEZ-CACHÁ, A.; PARDO, F.; LÓPEZ NICOLÁS, J.M. Changes during storage in conventional and ecological wine: phenolic content and antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 4694-4700, 2003.
- ZELLNER, B. D.; C. BICCHI; DUGO, P.; P. RUBIOLO; DUGO, G.; MONDELLO, L. Linear retention indices in gas chromatographic analysis: a review. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 23, p. 297-314, 2008.

### **3 CARACTERIZAÇÃO DE UVAS E VINHOS *CABERNET SAUVIGNON* EM SISTEMAS DE CULTIVO PROTEGIDO EM REGIÃO DE ALTITUDE DO ESTADO DE SANTA CATARINA.**

#### **3.1 Material e métodos**

O experimento foi implantado no município de São Joaquim/SC, em um vinhedo comercial, com 1256 m de altitude. Conduzido com a variedade *Cabernet Sauvignon* sobre porta-enxerto Paulsen 1103, utilizando sistema convencional e protegido, sendo os seguintes tratamentos: controle, com cobertura plástica transparente e com cobertura com tela antigranizo branca. O material utilizado no cultivo protegido foi a cobertura plástica, trançada de polietileno transparente (160 µm de espessura), impermeabilizada, sendo primeiro ano de uso no vinhedo (2019). A cobertura plástica foi disposta ao longo da linha de plantio, seguindo orientação norte-sul, assentada sobre fios metálicos e esses sobre arcos de aço, fixado sobre a estrutura do sistema de condução “Y”. Também foram utilizadas telas antigranizo, de coloração branca, com abertura de malha de 4 mm x 7 mm, onde foram fixadas na mesma disposição. O trabalho seguiu o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, contando com duas plantas/repetição, nas safras 2018/19 e 2019/20.

Após a colheita, cerca de 10 kg de uva de cada tratamento foram transportadas para o Laboratório de Enoquímica e Microvinificação da Estação Experimental de São Joaquim (EESJ), onde foram realizadas as microvinificações, conforme a metodologia descrita por Rizzon e Miele (2002). E outra amostragem das uvas foi transportada para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do CAV-UDESC, onde foram higienizadas em solução clorada a 250 ppm e posterior em 50 ppm, em seguida foram armazenadas em ultra freezer para análises posterior.

Para amostragem das uvas, as mesmas foram analisadas conforme foi elaborado o vinho, ou seja, a maceração da uva foi integral (casca, polpa e sementes).

#### **3.2 Elaboração dos vinhos**

Os vinhos foram elaborados com aproximadamente 10 kg de uva de cada tratamento. Primeiramente, as uvas permaneceram 12 horas em câmara fria para redução da temperatura até aproximadamente 5 °C, sequencialmente as bagas foram separadas das ráquis e esmagadas com uma desengaçadeira. O mosto produzido foi colocado em tanques de aço inoxidável com

capacidade para 40 litros, adaptados com uma válvula de Müller e controle automático de temperatura nos quais foram adicionados metabissulfito de potássio ( $50 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{SO}_2$ ) e leveduras secas ativas (*Saccharomyces cerevisiae*) de  $0,20 \text{ g L}^{-1}$  (na proporção de  $20 \text{ g } 100 \text{ kg}^{-1}$ ).

A maceração foi realizada em ambiente anaeróbico por aproximadamente dez dias, com duas remontagens diárias. Uma vez concluída a etapa da maceração, as cascas foram separadas da fase líquida e prensadas. A seguir, a fermentação alcoólica lenta ocorreu em uma sala com temperatura controlada de  $24 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , por aproximadamente 10 dias. A fermentação alcoólica foi considerada como concluída quando os teores de açúcares residuais alcançarem valores inferiores a  $4 \text{ g L}^{-1}$ . Para a indução da fermentação malolática, os vinhos, já sem as borras, foram mantidos em ambiente com temperatura de  $19 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . O monitoramento da degradação do ácido málico foi realizado semanalmente através de cromatografia de papel, de acordo com a metodologia proposta por Rizzon (2010). Após a conclusão da fermentação malolática, os vinhos permaneceram por cerca de 20 dias em câmara fria a uma temperatura de  $1 \text{ }^{\circ}\text{C}$  para a estabilização tartárica. Ao final das fermentações, os vinhos foram sulfitados com  $30 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{SO}_2$  e em seguida engarrafados. Após o engarrafamento, os vinhos foram mantidos entre 10 e  $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$  até a realizações das análises. As amostras dos vinhos foram analisadas após 2 meses de guarda em garrafa.

### 3.3 Determinação da composição centesimal da uva

Para caracterizar a composição físico-química da uva foram realizadas as seguintes análises:

- a) Umidade foi determinada pelo método gravimétrico, por secagem em estufa, a  $105 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , por 2 horas até massa constante, segundo a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (Item/Método 015/IV, 2008).
- b) Teor de cinzas foi determinado por incineração da amostra na mufla a  $550 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , o método descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (Item/Método 018/IV, 2008).
- c) Teor de acidez total titulável e pH foram determinados por meio da titulação com solução de  $\text{NaOH } 0,1\text{N}$  até  $\text{pH } 8,1$ ; utilizando titulador automático TitroLine® easy da SCHOTT Instruments (Mainz, Alemanha), utilizando método partir de 5 mL de amostra e diluída em 45 mL de água destilada, como descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (Item/Método 016/IV, 2008).

d) O teor de sólidos solúveis foi determinado utilizando refratômetro de bancada previamente calibrado com água destilada de acordo com a metodologia descrita pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (Item/Método 315/IV, 2008).

### 3.4 Determinação dos compostos bioativos e atividade antioxidante da uva

Para determinação dos compostos bioativos e atividade antioxidante das uvas foram realizadas as seguintes análises:

- a) Para determinação de antocianinas foi realizada a extração das antocianinas da uva tinta pesando 1 g da amostra previamente macerada, utilizando 5 ml de solução extratora (etanol 95% + HCl 1,5 N) na proporção 85:15 (MOO-HUCHIN *et al.*, 2015). O extrato foi transferido para um balão volumétrico de 50 mL, completando o volume com etanol-HCl 1,5 M e armazenado por 12 h a 4°C. Após filtração, a absorbância foi medida em espectrofotômetro modelo EnSpire (Perkin Elmer) no comprimento de onda 535 nm.
- b) Os compostos fenólicos totais e os flavonoides foram extraídos das amostras das polpas da variedade estudada, pesando-se aproximadamente 2 g de amostra, diluindo em 10 mL de metanol acidificado com HCl 0,1 N até pH 2,0; deixando sob agitação em equipamento ultrassom, por 30 minutos, em seguida a amostra foi filtrada em papel filtro, sendo o filtrado reservado em balão volumétrico de 25 mL e o resíduo recolocado no bêquer com 10 mL de acetona acidificada com HCl 0,1 N até pH 2,0 e deixado novamente sob agitação no equipamento ultrassom por mais 30 minutos. Após este tempo a amostra foi filtrada em papel filtro no balão volumétrico de 25 mL, que já continha o primeiro filtrado desta amostra completando o volume com água destilada. Este extrato obtido foi armazenado em frasco âmbar sobre congelamento (-12 °C) até a realização das análises de compostos fenólicos totais e flavonoides (RUFINO *et al.*, (2006, 2007) com adaptações).
- c) Os compostos fenólicos totais foram determinados por espectrofotometria utilizando-se o reagente de Folin-Ciocalteau 2N da marca sigma. O extrato foi obtido conforme descrito acima. Em tubos de ensaio colocou-se 0,5 mL do extrato da amostra, e foi acrescentado 2 mL da solução aquosa de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 10% e 2 mL do reagente Folin-Ciocalteu 0,02N. Foi homogeneizado no vórtex por 1 min., e permaneceu no escuro por 30 min., em seguida as leituras foram realizadas em leitora de microplacas, modelo EnSpire (Perkin Elmer) no comprimento de onda 764 nm. Para o branco substitui a amostra por água. Os cálculos da concentração foram realizados a partir da curva de calibração utilizando o ácido gálico como padrão com a

concentração inicial de 0,07 mg L<sup>-1</sup> a 0,005 mg L<sup>-1</sup> (RUFINO *et al.*, (2006, 2007) com adaptações).

d) Os flavonoides foram determinados por espectrofotometria, com leitura no comprimento de onda de 415 nm. Em tubos de ensaio foi adicionado 2 mL do extrato da amostra e 2 mL de AlCl<sub>3</sub> 2% em metanol. Foi homogeneizado em vórtex por 1 minuto, e permaneceu no escuro por 30 minutos, a leitura foi feita no espectrofotômetro. Para o branco usou apenas o metanol. Os cálculos da concentração foram realizados a partir da curva de calibração usando o padrão da queracetina com concentração inicial de 0,035 mg L<sup>-1</sup> a 0,004 mg L<sup>-1</sup> (MEDA *et al.*, 2005; AHN *et al.*, 2007, com adaptações).

e) Atividade antioxidante através dos métodos DPPH, ABTS e FRAP, conforme metodologias descritas nos Comunicados Técnicos da Embrapa 125, 127 e 128, respectivamente.

f) Para a determinação da atividade antioxidante através do radical DPPH, foi preparada uma a solução controle de metanol, acetona e água com 40 mL de solução de metanol 50%, 40 mL de solução de acetona 70% e o volume do balão volumétrico de 100 mL completando com água destilada, homogeneizado, transferido para frasco âmbar e armazenado a temperatura ambiente. Também foi preparada a solução do radical DPPH, com 2,4 mg de DPPH diluído e completado com metanol em balão volumétrico de 100 mL, homogeneizado e transferido para frasco âmbar, onde foi utilizado imediatamente. Em tubos de ensaio, foram colocados 0,1 mL da amostra e adicionados 3,9 mL da solução do radical DPPH, cada tubo foi agitado no vórtex, onde permaneceu por 30 minutos no escuro e foi realizada a leitura em espectrofotômetro à 515 nm. O branco utilizado foi o álcool etílico. O cálculo da atividade antioxidante foi realizado a partir da curva padrão do DPPH em µM (RUFINO *et al.*, 2007 com adaptações).

g) Para a determinação da atividade antioxidante através do radical ABTS, foi preparada uma a solução estoque de ABTS com 0,096 mg de ABTS diluído em água destilada completado em balão volumétrico de 25 mL, homogeneizado, transferido para frasco âmbar e armazenada sobre refrigeração. Também foi preparada a solução de persulfato de potássio, com 378,4 mg de persulfato de potássio diluído e completado com água destilada em balão volumétrico de 10 mL, homogeneizado e transferido para frasco âmbar e armazenado a temperatura ambiente. Para o preparo do radical ABTS, foi preparado o radical com 5 mL da solução estoque de ABTS com 88 µL da solução de persulfato de potássio, acima citados seus preparos, esta solução foi mantida em frasco âmbar e no escuro por um período de 16 horas. Em seguida, em ambiente escuro foi realizado o ajuste da absorbância da solução radical ABTS, preparada anteriormente, este ajuste foi realizado diluindo a solução radical ABTS em álcool etílico fazendo a leitura em espectrofotômetro a 734 nm até atingir a absorbância de 0,700 nm. Em tubos de ensaio, foi

adicionado 30 µL do extrato da amostra, acrescentando a cada tubo 3 mL da solução de ABTS, após 6 min. foi realizada a leitura no espectrofotômetro à 734 nm. Como branco foi utilizado o álcool etílico. O cálculo da atividade antioxidante foi realizado a partir da curva padrão do Trolox (RUFINO *et al.*, 2007, com adaptações).

h) Para a determinação da atividade antioxidante através do método de redução do ferro FRAP, onde foi preparada a solução de HCl 40 mM. Também foi preparada a solução TPTZ, com 3,12 mg de TPTZ, dissolvidos e avolumado em balão volumétrico de 1 L com HCl 40 mM homogeneizado e transferido para frasco âmbar e armazenado sobre refrigeração. Foi preparada a solução de cloreto férrico 20 mM e solução de tampão acetato 0,3 M, pH 3,6. A solução do reagente FRAP foi obtida pela mistura de tampão acetato 0,3 M com a solução TPTZ 10 mM e solução aquosa de cloreto férrico 20 mM, esta solução foi obtida e utilizada imediatamente. Em tubos de ensaio foram adicionados, 90 µL do extrato da amostra, com 270 µL de água e 2,7 mL da solução de FRAP. Todos os tubos foram colocados em banho maria, à 37 °C por 30 min. e foi realizada a leitura em espectrofotômetro à 595 nm. O branco utilizado foi a solução de FRAP. O cálculo da atividade antioxidante foi realizado a partir da curva padrão do sulfato ferroso (RUFINO *et al.*, 2006, com adaptações).

### 3.5 Determinação de compostos fenólicos presentes nas uvas utilizando CLAE

Para a quantificação de compostos fenólicos por CLAE, a extração dos compostos fenólicos nas uvas foi realizada segundo o método descrito por Porgah e Buyuktuncel (2012). Em um tubo Falcon foi adicionado 2 g da amostra, e acrescentou-se 4 mL do solvente acetato de etila, em seguida foi agitado em vórtex por 1 min., e logo após foi centrifugado durante 10 min. a 10.000 rpm a 4 °C (em centrífuga Himac Shimadzu Modelo cr22n). O sobrenadante foi retirado e o processo de extração repetido por três vezes. O sobrenadante resultante do processo foi evaporado em estufa de circulação de ar a 37 °C, e o resíduo seco dissolvido em 750 µL de metanol e 250 µL de água ultrapura.

#### 3.5.1 Padrões e reagentes

Todos os solventes utilizados para a determinação dos compostos fenólicos foram de grau HPLC. Os padrões utilizados para análise dos compostos fenólicos foram: flavonoides (miricetina, quercetina, rutina, caempferol); ácidos hidroxinâmicos (p-cumárico) e ácidos hidroxibenzóicos (gálico, siríngico, vanílico).

### 3.5.2 Análise CLAE/UV-VIS

As análises foram realizadas em um cromatógrafo da marca Shimadzu (modelo-10AVP), equipado com detector UV-VIS Shimadzu (modelo SPD-10AVvp). Os espectros UV-VIS foram detectados em 280 nm para todos os compostos. As separações cromatográficas foram realizadas em uma coluna de fase reversa C-18 Supelco (25 cm x 4,6 mm, 5 $\mu$ m). O solvente A foi 5 % de ácido acético em água ultrapura, e o solvente B foi Metanol. O seguinte gradiente linear foi utilizado: de 15% de B em 2 min., de 25% de B em 5 min.; 30% em 10 min.; de 35% de B em 15 min.; 50% de B em 25 min., de 60% de B em 30 min.; 80% em 35 min.; e 100% de B em 45 min.; e retorno à 15 % de B em 0,1 min. O tempo de equilíbrio da coluna foi de 15 min., o volume de injeção foi de 20  $\mu$ L e o fluxo de 1,2 mL min.<sup>-1</sup>. A temperatura da coluna foi de 25 °C. Os compostos foram quantificados por meio do método do padrão externo. O software utilizado foi o Class-Vp versão 5.02 da marca Shimadzu. A determinação dos compostos nas amostras foi realizada pela comparação entre os tempos de retenção destas com os tempos de retenção dos padrões e confirmados a partir da similaridade entre os perfis dos cromatogramas dos compostos em estudo, para compostos padrões e analitos de interesse.

### 3.6 Perfil de compostos voláteis

Os compostos voláteis presentes na uva foram isolados e identificados no Laboratório de Química Analítica, da Universidade do Estado de Santa Catarina, conforme descrito a seguir:

### 3.7 Otimização das condições de isolamento dos compostos voláteis

Os compostos voláteis presentes nas uvas foram isolados do *headspace* da amostra, por meio da técnica de microextração em fase sólida (*HS-SPME*) empregando-se a fibra 50/30  $\mu$ m DVB/CAR/PDMS, previamente condicionada no injetor do cromatógrafo de acordo com as recomendações do fabricante. Inicialmente, pesou-se 3 g de NaCl em um *vial* de 40 mL; adiciona-se 2 g de amostra de uva (macerada integralmente) e adicionou-se 3 mL de água desionizada, e adicionou-se uma bagueta magnética de 5 mm de diâmetro e 10 mm de comprimento. O frasco foi lacrado com tampa rosqueável, cujo septo de politetrafluoretileno (PTFE)/silicone garantiu que não houvesse vazamento. A amostra foi submetida à agitação

lenta onde a temperatura e o tempo seguiram as especificações de cada ensaio (Tabela 2). Após o sistema entrar em equilíbrio (10 min.), a fibra foi exposta manualmente ao *headspace* da amostra, para a adsorção dos compostos voláteis (Figura 10). A amostra permaneceu sob agitação contínua durante todo o tempo de exposição da fibra.

Figura 10- Sistema de isolamento dos compostos voláteis extraído da uva e vinho, utilizando-se a técnica *HS-SPME*



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Em seguida, a fibra foi recolhida e inserida no injetor de um cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massas (sistema Perkin Elmer modelo Clarus 680 GC/ SQ8S MS) durante 10 min. para a dessorção térmica e análise dos voláteis, seguindo-se condições definidas em testes prévios. A temperatura e do tempo de captura dos voláteis presentes no *headspace* da amostra foram otimizados utilizando-se um delineamento fatorial  $2^2$ , com 4 pontos axiais e 3 repetições do ponto central (DCCR), totalizando 11 ensaios. Os níveis codificados e reais das variáveis independentes estudadas (temperatura e tempo de captura) estão apresentados na Tabela 1. A Tabela 2 detalha as condições experimentais em que cada ensaio foi realizado.

Tabela 1- Valores codificados e reais utilizados no DCCR para a otimização das condições de isolamento de compostos voláteis das uvas.

Variável	Código	-1,41	-1	0	+1	+1,41
<b>Temperatura de adsorção (°C)</b>	$x_1$	25	27,9	35	42,1	45
<b>Tempo de extração (min.)</b>	$x_2$	15	21,5	37,5	53,5	60

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Tabela 2- Níveis codificados e reais de cada ensaio do DCCR utilizado para a otimização das condições de isolamento de compostos voláteis das uvas.

Ensaios	Temperatura de adsorção (codificado)	Tempo de extração (codificado)	Temperatura de adsorção (°C)	Tempo de extração (min)
1	-1	-1	27,9	21,5
2	1	-1	42,1	21,5
3	-1	1	27,9	53,5
4	1	1	42,1	53,5
5	0	0	35	37,5
6	0	0	35	37,5
7	0	0	35	37,5
8	-1,41	0	25	37,5
9	1,41	0	45	37,5
10	0	-1,41	35	15
11	0	1,41	35	60

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Após a análise estatística dos dados através de Metodologia de Superfície de Resposta (RODRIGUES; IEMMA, 2009) os valores de tempo e temperatura correspondentes às condições ótimas preditas pelo modelo estatístico foram validados através de um novo ensaio, realizado em quintuplicata. Os dados experimentais obtidos (abundância de aldeídos, álcoois, ésteres, ácidos e cetonas, e de voláteis totais foram comparados com os valores preditos pelo modelo estatístico para validação do mesmo.

Como variáveis dependentes, foram utilizadas as múltiplas respostas fornecidas pelo equipamento, quais sejam: abundância de aldeídos, álcoois, ésteres, cetonas e ácidos, e de voláteis totais presentes em cada amostra/ensaio (Tabela 2). Foi definida como condição ótima,

aquela que produziu maior abundância de aldeídos, álcoois, ésteres, cetonas e voláteis totais; por 21,5 minutos, sob aquecimento ( $42,1 \pm 1$  °C) em banho maria sob a ação de um agitador magnético.

Os compostos foram separados em uma coluna capilar Elite 5MS (30m x 0,25mm, 0,25 µm) em cromatógrafo a gás (sistema Perkin Elmer; modelo Clarus 680 GC/ SQ8S MS), com injeção em modo splitless. As análises foram realizadas com temperatura do injetor 220 °C, a temperatura do forno foi mantida por 2 min. a 30 °C, aumentando  $2,5$  °C min $^{-1}$  até 80 °C, sendo mantida por 3 min., e em seguida a elevação da temperatura de  $10$  °C min $^{-1}$  até 220 °C. A temperatura da *transfer line* foi de 200 °C com fonte de ionização por impacto de elétrons de 70 eV. A faixa de *scanning* de massas foi de 35 a 400 m/z. O gás de arraste utilizado foi o hélio (He) com fluxo de 1,0 mL min $^{-1}$ .

Para auxiliar a identificação dos compostos voláteis, uma mistura padrão de n-alcanos (C7 a C40, Sigma-Aldrich) foi injetada no CG/MS equipado com a coluna capilar Elite 5MS, e analisada nas mesmas condições da amostra. Os tempos de retenção dos alcanos foram utilizados para calcular o índice de retenção (IR) de cada composto volátil na amostra, conforme descrito por Ettre (1964), Sampaio *et al.* (2011), Sampaio *et al.* (2013), Sampaio *et al.* (2015) e Biasoto *et al.* (2015).

Os compostos voláteis presentes no isolado das amostras de uva foram identificados utilizando-se os espectros disponíveis na biblioteca *National Institute of Standards and Technology* (NIST), versão 2.0, 2014, e comparando-se os índices de retenção calculados com valores relatados na literatura científica para colunas de mesma polaridade (GARRUTI *et al.*, 2003; ACREE; ARN, 2004; PHEROBASE, 2011; SAMPAIO *et al.*, 2013; SAMPAIO *et al.*, 2015; BIASOTO *et al.*, 2015).

Os compostos foram considerados identificados, quando seus espectros de massas obtidos experimentalmente coincidiram com aqueles existentes na base de dados da NIST, e seus índices de retenção experimentais coincidiram com os valores encontrados na literatura. Quando não foram encontrados índices de retenção na literatura, e os compostos foram identificados apenas pela comparação dos espectros de massas experimentais e da NIST, eles foram considerados tentativamente identificados. Outros compostos com baixa similaridade ( $\leq 85\%$ ) de espectro de massas e índice de retenção incompatível com a literatura, foram considerados não identificados (NI) (JENNINGS; SHIBAMOTO, 1980).

### **3.8 Determinação da composição centesimal dos vinhos elaborados**

Para caracterizar a composição físico-química dos vinhos, foram realizadas as seguintes análises:

- a) O teor de acidez total titulável foi determinado por meio da titulação, utilizando método potenciométrico, como descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (Item/Método 016/IV, 2008).
- b) Para a determinação da acidez volátil, foi realizado o cálculo por diferença entre a acidez total e a acidez fixa como descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (Item/Método 312/IV, 2008).
- c) Para a determinação do pH, foi utilizado um potenciômetro, segundo a metodologia descrita pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (Item/Método 016/IV, 2008).
- d) O teor de açúcares redutores foi determinado pelo protocolo para determinação de açúcares redutores residuais ( $\text{g L}^{-1}$ ) pelo método descrito RIZZON (2010).
- e) A determinação da densidade das amostras líquidas foi realizada por aerometria, de acordo com RIZZON (2010).
- f) O teor do grau alcoólico baseia-se na destilação do álcool da amostra e posterior quantificação pela medida em alcoômetro, segundo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (Item/Método 233/IV, 2008).
- g) A determinação de dióxido de enxofre livre, combinado e total foram obtidos por meio de destilação por arraste a vapor em meio ácido, via destilador enoquímico de acordo com RIZZON (2010).

### **3.9 Determinação dos compostos bioativos e atividade antioxidante dos vinhos elaborados**

- a) Os compostos fenólicos totais foram determinados por espectrometria utilizando-se o reagente de Folin-Ciocalteau 2N da marca sigma.
- b) Os flavonoides foram determinados por espectrometria, com leitura feita na faixa de absorbância de 415 nm, seguindo a metodologia de RUFINO et al. (2007).
- c) A determinação das antocianinas foi realizada na diferença de coloração das antocianinas em relação ao pH, visto que a variação da intensidade corante em dois valores de pH é proporcional ao teor de antocianinas, segundo o método descrito por RIZZON (2010).

- d) A determinação do tanino total foi baseada na propriedade das proantocianidinas monômeras ou polimerizadas de originarem antocianinas por aquecimento em meio ácido segundo o método descrito por RIZZON (2010).
- e) Para a determinação de polifenóis totais o vinho foi diluído na proporção de 1% com água destilada, e foi determinado por espectrofotometria, segundo o método descrito por RIZZON (2010).
- f) A determinação da atividade antioxidante foi realizada através dos radicais DPPH, ABTS e FRAP seguindo a metodologia da Embrapa, respectivamente dos comunicados técnicos 127, 128 e 125.

### **3.10 Extração e quantificação de ácidos orgânicos dos vinhos por CLAE**

Para a quantificação de ácidos orgânicos por CLAE, a extração dos ácidos tartárico e málico dos vinhos foi realizada segundo o método descrito por RIZZON, (2010). A análise dos padrões de ácido tartárico L, e ácido málico L foram realizados em um cromatógrafo da marca Shimadzu (modelo -10AVP), equipado com detector UV-VIS Shimadzu (modelo SPD-10AVvp). As separações cromatográficas foram realizadas em uma coluna de fase reversa C-18 Supelco (25 cm x 4,6 mm, 5 $\mu$ m). O tempo de equilíbrio da coluna foi de 5 min., o volume de injeção foi de 20  $\mu$ L e o fluxo de 1,4 mL min. $^{-1}$ . A temperatura da coluna foi de 25 °C. Os ácidos orgânicos foram detectados a 212 nm, e quantificados por meio do método do padrão externo.

O software utilizado foi o Class-Vp versão 5.02 da marca Shimadzu. A determinação dos ácidos orgânicos nas amostras foi realizada pela comparação entre os tempos de retenção destes com os tempos de retenção dos padrões e confirmados a partir da similaridade entre os perfis dos espectros de absorção dos compostos em estudo, para compostos padrões e analitos de interesse. A fase móvel foi composta pela solução de água ultrapura e ácido fosfórico (pH 2,5) na proporção de 98,8:1,2 v/v, com vazão de 1,4 mL min. $^{-1}$ . Todas as análises foram realizadas em triplicata.

### **3.11 Determinação de compostos fenólicos presentes nos vinhos utilizando CLAE**

Para a quantificação de compostos fenólicos por CLAE, a extração dos compostos fenólicos nos vinhos foi realizada seguindo o método descrito por Porgah e Buyuktuncel (2012), com algumas modificações. Acidificou 4 mL da amostra, a pH 2, com uma solução de ácido

clorídrico 2 mol L<sup>-1</sup>, na sequência acrescentou-se 4 mL do solvente acetato de etila, em seguida foi agitado em vórtex por 1 min., e logo após foi centrifugado durante 10 min. a 10.000 rpm a 4 °C. Todos os solventes utilizados para a determinação dos compostos fenólicos foram de grau HPLC. As análises foram realizadas utilizando a mesma metodologia citada acima para determinação de compostos fenólicos em uvas.

### **3.12 Perfil de compostos voláteis dos vinhos elaborados**

Os compostos voláteis presentes nos vinhos foram isolados do *headspace* da amostra, por meio da técnica de microextração em fase sólida (HS-SPME) empregando-se a fibra 50/30 µm DVB/CAR/PDMS, previamente condicionada no injetor do cromatógrafo de acordo com as recomendações do fabricante. Inicialmente, pesou-se 3 g de NaCl em um *vial* de 40 mL; adicionou-se a amostra de vinho diluída na proporção de 1:2,5 com água deionizada, e adicionou-se uma bagueta magnética de 5 mm de diâmetro e 10 mm de comprimento. As condições de extração, separação e identificação dos compostos voláteis dos vinhos elaborados foram as mesmas utilizadas para a uva.

### **3.13 Análise Estatística**

Os dados obtidos nas análises foram tratados através da análise de variância (ANOVA), e teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico SAS *University Edition (Statistical Analysis System Institute, Cary, NC, EUA)*, e *StatisticaTM Trial (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, EUA)*.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Uvas variedade *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo nas safras 2018/19 e 2019/2020.

A safra de 2018/2019 foi uma safra com clima típico do município de São Joaquim, segundo a classificação climática de KÖPPEN, modificada por Braga e Guellere (1999), subdivide o Estado de Santa Catarina em 5 domínios climáticos (Subquente, mesotérmico brando (1), (2), (3) e mesotérmico médio), 5 tipos climáticos (Subtropical, temperado (1), (2), (3), (4) e (5), e 11 Subtipos Climáticos. Onde São Joaquim é classificada com domínio climático mesotérmico médio, e tipo climático temperado (5), e subtipo 5, em que apresenta temperatura média do mês mais frio (junho/julho),  $>0,0 <10^{\circ}\text{C}$ .

Segundo Alves *et al.* (2019) a estação meteorológica de São Joaquim-SC, no Planalto Catarinense, apresentou um acúmulo de 700 horas de frio (HF com  $T \leq 7,2^{\circ}\text{C}$ ) entre abril e setembro de 2018, tendo acumulado valor um pouco inferior à média (em particular no mês de setembro), em relação à normal climatológica (768 HF), mas suficiente para atender as necessidades de frio hibernal das variedades. A brotação foi boa, tendo sido antecipada em uma semana, estimuladas por temperaturas mais elevadas no segundo e terceiro decêndio de setembro. Não houve perdas significativas por geadas tardias ou granizo.

A floração e a frutificação ocorreram dentro de condições normais. O solo se manteve em boas condições de umidade do solo, tendo sido registrado um pequeno déficit em dezembro e início de janeiro. As chuvas mais intensas ocorridas no segundo decêndio de dezembro e de janeiro não causaram maiores problemas por terem ocorrido antes do período de maturação das uvas. O período de novembro a meados de fevereiro apresentou boa insolação. A maturação das uvas ocorreu com uma pequena antecipação, estendendo-se de fevereiro a abril. O Quociente de Maturação - QM foi superior à normal para os meses de fevereiro e março, assegurando uma boa maturação das uvas (ALVES, *et al.*, 2019).

A Figura 11 apresentada as uvas da variedade *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico PEBD (polietileno de baixa densidade) e tela antigranizo, a colheita foi realizada em 22/04/2019.

Figura 11- Uvas variedade *Cabernet Sauvignon*, tratamentos: controle, com cobertura plástica transparente e com cobertura com tela antigranizo branca.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

A safra de 2019/2020, foi uma safra com clima atípico do município de São Joaquim; a estação meteorológica de São Joaquim, SC, no Planalto Catarinense, registrou um acúmulo de 506 horas de frio (HF com  $T \leq 7,2^{\circ}\text{C}$ ) entre abril e setembro de 2019, tendo acumulado valor inferior à normal climatológica (768 HF). A particularidade do inverno foi de acúmulo de horas de frio concentrado sobretudo nos meses de julho e agosto, o que evitou a brotação precoce das videiras, tendo sido suficiente para uma adequada brotação, que ocorreu entre o final do mês de agosto ao final do mês de setembro. A geada ocorrida no dia 23 de setembro causou perdas localizadas em alguns vinhedos (ALVES, *et al.*, 2020).

Segundo Alves *et al.* (2020) o solo se manteve em boas condições de umidade, tendo sido registrado um pequeno déficit em dezembro e em março. Todo o ciclo transcorreu com boa insolação, sendo que a umidade relativa do ar durante o ciclo esteve abaixo da normal (77,4% em relação à normal de 84,1%). O período de maturação das uvas iniciou dentro das datas fenológicas médias da região, porém ao longo da safra as variedades de ciclo médio e tardio tiveram uma antecipação da data de colheita, chegando a haver casos com antecipação de até 15 a 30 dias. Com isto, a colheita se concentrou no mês de março.

Esta particularidade da safra esteve associada às condições meteorológicas de maior soma térmica, associado a precipitações muito abaixo da média regional a partir do mês de fevereiro. O Quociente de Maturação - QM foi bastante superior à normal durante todo o período de maturação e colheita das uvas, pela conjunção do menor volume de chuvas e maior insolação (ALVES, *et al.*, 2020).

A amplitude térmica no período de maturação das uvas foi maior ( $10,3^{\circ}\text{C}$  em comparação com a normal de  $8,9^{\circ}\text{C}$ ), resultado de um índice de frio noturno mais baixo e de temperaturas máximas médias mais elevadas. Como resultado das condições meteorológicas

diferenciadas da safra 2020, foram colhidas uvas sadias e com elevados níveis de maturação. Os índices climáticos vitícolas da safra, bem como as observações de campo, indicam que a qualidade potencial das uvas foi muito boa para as variedades de maturação precoce, intermediárias e tardias, fato pouco frequente na vitivinicultura da região. Com estes elementos, a safra de 2020 pode ser enquadrada dentro da classe ‘Excepcional’ (ALVES, *et al.*, 2020).

A variedade *Cabernet Sauvignon* foi colhida em 20/03/2020 (Figura 12), antecipando a colheita em 28 dias em relação à safra passada. Na safra de 2020 foi observado o grau de maturação das uvas, onde verifica-se a coloração marrom das ráquis, isso demonstra que durante a maturação as ráquis bem como as sementes perdem seu caráter herbáceo e mudam sua coloração de esverdeada para marrom (FALCÃO, 2007; WATSON, 2003), enquanto nas uvas da safra de 2019 (Figura 11), apresentavam ráquis esverdeadas.

Figura 12- Uvas variedade *Cabernet Sauvignon*, tratamentos: controle, com cobertura plástica transparente e com cobertura com tela antigranizo branca.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Na inoculação dos mostos da uva *Cabernet Sauvignon*, em ambas as safras (2018/2019 e 2019/2020), observou-se paradas de fermentação dos tratamentos com cobertura com plástico PEBD e tela antigranizo; onde ocorreu autólise das leveduras após 48 e 72 h da inoculação dos mesmos. Após as paradas da fermentação foi realizada a retomada com uma nova inoculação de leveduras. Essas paradas possivelmente ocorreram por resíduos de produtos fungicidas aplicados nas uvas, onde foi relatado que as aplicações eram iguais para os tratamentos com cobertura plástica PEBD e com cobertura com tela antigranizo branca, onde foram realizadas em média 15 aplicações durante o período do manejo fitossanitário.

Segundo Chavarria *et al.* (2007), no cultivo convencional de uvas viníferas no Rio Grande do Sul são realizadas, em média, 14 pulverizações com fungicidas. De forma corrente, o produtor realiza pulverizações semanais (método por calendário) com o intuito de garantir a sua produção, onde, em determinadas situações pode não existir a real necessidade de aplicação de fungicidas. Por desconhecerem o manejo fitossanitário adequado no cultivo protegido,

alguns produtores realizam aplicações recomendadas para o cultivo convencional como se estivessem cultivando em ambiente a céu aberto.

Todavia deve ser salientado que o cultivo protegido se apresenta como um agrossistema diferenciado, onde a cobertura impõe uma barreira física à chuva e aos raios ultravioletas, os quais podem impedir a lavagem e/ou a degradação das moléculas de fungicidas. Essas influências sobre fungicidas são de extrema importância, considerando que os produtos podem apresentar um período residual diferenciado aos que se encontram nas condições de cultivo convencional (CHAVARRIA *et al.*, 2007).

#### **4.1.1 Determinação da composição centesimal da uva na variedade *Cabernet Sauvignon* nas safras 2018/19 e 2019/2020.**

A acidez, pH e sólido solúveis totais (SST) são medidas usadas para definição do ponto de colheita, onde são definidos pelo tipo de vinho a ser produzido. Na safra 2018/2019 as uvas da variedade *Cabernet Sauvignon* não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos para a acidez e pH (Tabela 3). Já para o teor de SST apresentou diferença significativa para as uvas sob cultivo com cobertura com plástico PEBD entre os demais tratamentos, onde apresentou o maior teor de SST.

Tabela 3- Caracterização físico-químicas de bagas de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.

<b>Safra 2019</b>	<b>Uva <i>Cabernet Sauvignon</i></b>		
	<b>controle</b>	<b>plástico</b>	<b>tela</b>
<b>pH</b>	$2,99 \pm 0,13^a$	$2,99 \pm 0,07^a$	$3,02 \pm 0,10^a$
<b>ATT (g ácido cítrico/100g)</b>	$118,89 \pm 4,0^a$	$114,07 \pm 5,1^a$	$113,65 \pm 5,6^a$
<b>SST (° Brix)</b>	$19,10 \pm 0,31^b$	$20,32 \pm 0,46^a$	$19,36 \pm 0,54^b$
<b>Densidade (g/mL)</b>	$1,077 \pm 0,03^a$	$1,076 \pm 0,03^a$	$1,076 \pm 0,02^a$
<b>° Babo</b>	$16,48 \pm 0,02^b$	$17,00 \pm 0,02^a$	$16,48 \pm 0,03^b$
<b>Umidade %</b>	$94,23 \pm 0,25^a$	$94,31 \pm 0,35^a$	$94,13 \pm 0,43^a$
<b>Cinza %</b>	$0,48 \pm 0,11^a$	$0,49 \pm 0,11^a$	$0,45 \pm 0,11^a$

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Médias na mesma linha com a mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey,  $p>0,05$ ).

Na Tabela 4, estão apresentados a caracterização das uvas *Cabernet Sauvignon* da safra 2020, onde verificou-se que para ATT e pH não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Já para o teor de SST a uva sob cobertura com plástico PEBD apresentou o menor valor ( $21,1 ^\circ B$ ) diferenciando-se significativamente dos demais tratamentos. Resultados de SST

maiores de 20 °B indicam que a uva alcançou um estágio avançado de maturação; e o pH tem importância na qualidade do vinho em relação à prevenção da deterioração química, ocorrência da fermentação malolática e estabilidade da cor dos vinhos.

Tabela 4- Caracterização físico-química de bagas de uvas Cabernet Sauvignon cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.

<b>Safra 2020</b>	<i><b>Uva Cabernet Sauvignon</b></i>		
	<b>controle</b>	<b>plástico</b>	<b>tela</b>
<b>pH</b>	$3,13 \pm 0,13^a$	$3,10 \pm 0,07^c$	$3,12 \pm 0,10^b$
<b>ATT (g ácido cítrico/100g)</b>	$99,39 \pm 4,0^a$	$91,31 \pm 5,1^c$	$98,49 \pm 5,6^b$
<b>SST (° Brix)</b>	$23,1 \pm 0,31^a$	$21,1 \pm 0,46^c$	$23,0 \pm 0,54^b$
<b>Densidade (g/mL)</b>	$1,096 \pm 0,03^b$	$1,089 \pm 0,03^c$	$1,097 \pm 0,02^a$
<b>° Babo</b>	$20,50 \pm 0,02^a$	$18,50 \pm 0,02^b$	$20,50 \pm 0,03^a$
<b>Umidade %</b>	$95,54 \pm 0,91^a$	$93,81 \pm 0,80^{ab}$	$91,46 \pm 0,39^b$
<b>Cinza %</b>	$0,47 \pm 0,08^a$	$0,33 \pm 0,04^b$	$0,03 \pm 0,03^b$

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Médias na mesma linha com a mesma letra não diferem significativamente, (Teste de Tukey,  $p>0,05$ ).

A cobertura com plástico PEBD proporcionou maior concentração dos SST em relação aos demais tratamentos na safra 2018/19. De acordo com Santos; Chavarria (2012), a cobertura plástica proporciona uma maior amplitude térmica diária, que pode ser benéfica para a evolução bioquímica do processo de maturação. Portanto, o cultivo protegido proporcionou a obtenção de uvas com maturação mais completa, o que pode ser benéfico para a obtenção de vinhos tranquilos mais alcoólicos e sensorialmente equilibrados.

Esse comportamento também foi observado por Vanderlinde *et al.* (2016), onde avaliaram a composição química das uvas *Cabernet Sauvignon* sob cobertura plástica em Santa Catarina, onde as modificações no microclima, causadas pela cobertura plástica, tiveram efeitos na evolução da maturação, com valores mais elevados de sólidos solúveis no processo de maturação da uva nas plantas cobertas.

Os valores de acidez titulável obtidos na safra 2018/2019 entre os tratamentos variaram de 113 a 118 meq L<sup>-1</sup> (Tabela 3), e foram adequados para vinificação. Muniz *et al.* (2015), Malinovski *et al.* (2012) e Gris *et al.* (2010) encontraram resultados semelhantes ao estudar a variedade *Cabernet Sauvignon* nas regiões de São Joaquim e Campo Belo do Sul. Devido ao clima frio em regiões de maior altitude, como São Joaquim, a degradação ácida é mais lenta e, consequentemente, os níveis de acidez total nas uvas e vinhos produzidos são maiores.

Verificou que a safra de 2020 produziu uvas com menores teores de acidez titulável e maiores teores de SST e pH (Tabela 4). As temperaturas mais elevadas na altitude acima de 950 m influenciam principalmente nestes resultados. O aumento da temperatura provoca um aumento na atividade respiratória da planta, gerando um declínio na acidez total atribuído à degradação de compostos ácidos (TARARA, *et al.*, 2008). A presença de tais compostos determina o pH da uva, isso se deve às condições climáticas dessa safra, em que ocorreu um período maior de estiagem, que aconteceu durante a maturação das uvas, beneficiando a qualidade das mesmas. Na Tabela 4, o tratamento Controle apresenta os maiores valores para pH (3,13), ATT (99,39 g ácido cítrico/100g), SST (23,1 °B), umidade (95,54%) e cinza (0,47%), diferindo significativamente dos sistemas de cultivo protegido.

As condições meteorológicas e sanitárias durante o período de maturação das uvas são de extrema importância para a qualidade da produção, para consumo *in natura* e elaboração de vinhos. Nesse período é quando são sintetizados ou translocados a maioria dos compostos relacionados à qualidade enológica da uva, tais como, açúcares, terpenos, antocianinas, taninos, ácidos orgânicos, entre outros (SANTOS e CHAVARRIA, 2012).

O ambiente protegido possibilita modificações nas variáveis do microclima, principalmente na temperatura, radiação, nos ventos e na presença de água livre sobre as folhas. Essas alterações podem modificar as respostas fisiológicas da videira, sendo, em alguns casos, fator atenuante de estresses hídricos e promotor de melhores condições para o crescimento da planta (CHAVARRIA *et al.*, 2009).

A videira é uma planta exigente em radiação solar e sua falta é prejudicial, principalmente durante a floração e a maturação dos frutos, pois a radiação solar é fundamental para a coloração das bagas e para o acúmulo de açúcar, sendo necessário, para isso, que o total de horas de insolação durante o período vegetativo esteja entre 1.200 e 1.400 horas, conforme a variedade (ROBERTO *et al.*, 2011).

Ferreira *et al.* (2004), em trabalho realizado em vinhedos de *Cabernet Sauvignon*, observaram diminuição do nível de radiação solar e aumento das temperaturas máximas quando utilizaram cobertura de polietileno de baixa densidade com aditivado anti-ultravioleta, em relação ao cultivo a céu aberto.

A temperatura do ar influencia praticamente todos os processos fisiológicos da planta, cada espécie vegetal tem limites ótimos de temperatura para expressar seu potencial produtivo. Temperaturas em torno de 27 °C são propícias para o amadurecimento da uva e contribuem para o aumento do teor de açúcares na baga. A temperatura também tem grande papel na qualidade do fruto; temperaturas entre 10 e 16 °C proporcionam à videira crescimento

vegetativo vigoroso e frutos de ótima qualidade; entretanto, temperaturas entre 16 e 21 °C promovem uma planta vigorosa, mas com frutos de qualidade inferior. Isso é explicado pelo fato de que a amplitude térmica e o comprimento do dia em cultivo protegido condicionam os processos de coloração, concentração de sólidos solúveis e de acidez do fruto (ROBERTO *et al.*, 2011).

Segundo Schiedeck (1999), a temperatura do ar em sistemas de cultivo protegido com cobertura plástica, tende a ser mais elevada durante o período diurno e, igual ou menor durante a noite. Ferreira *et al.* (2004) e Chavarria *et al.* (2007) estudando vinhedos de *Cabernet Sauvignon* e *Moscato Giallo*, observaram valores superiores de temperatura máxima conduzidos no ambiente protegido, quando comparados ao ambiente de céu aberto. De modo semelhante, Comiran (2009) descreveu que apesar de haver menor fluxo de radiação na cobertura plástica, a temperatura máxima do ar foi maior nesse ambiente que em céu aberto, no cultivo de Niágara Rosada.

Sabe-se que em condições do cultivo protegido em questão, as temperaturas são mais elevadas e a radiação solar é restringida (CARDOSO *et al.*, 2008). Estes dois fatores são os elementos climáticos de maior relevância na síntese de compostos, levando em consideração a influência destes no metabolismo das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

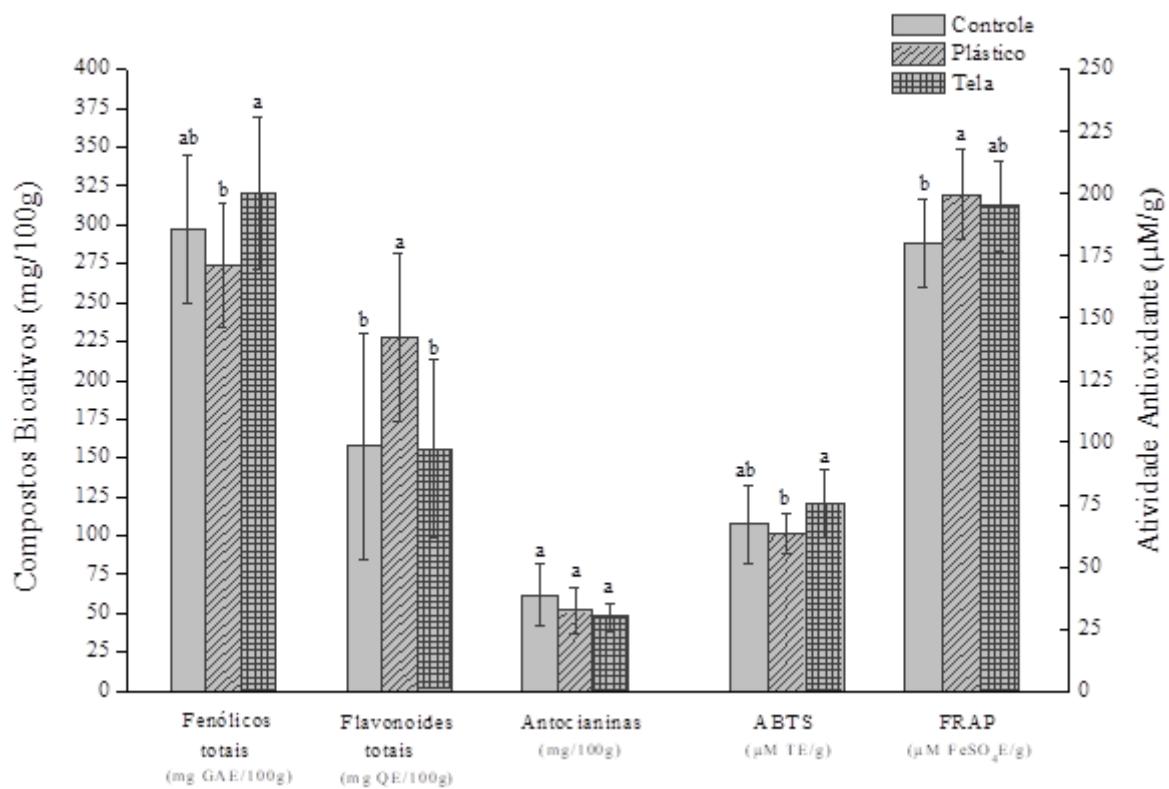
De acordo com Chavarria *et al.* (2010), a cobertura plástica propicia o aumento da temperatura, a qual promove o adiantamento dos estádios fenológicos e, desta maneira, pode aumentar antecipadamente os níveis de sólidos solúveis totais e reduzir a acidez quando comparada à área descoberta.

#### **4.1.2 Determinação dos compostos bioativos e atividade antioxidante da uva na variedade *Cabernet Sauvignon* nas safras 2018/19 e 2019/2020.**

As análises para compostos bioativos e atividade antioxidante nas uvas *Cabernet Sauvignon* (Figura 14), foi realizada a partir do fruto inteiro, conforme foi elaborado o vinho. Para compostos fenólicos, a uva sob cobertura com tela antigranizo obteve o maior teor, diferenciando significativamente da uva cultivada sob cobertura plástica PEBD; já o controle não diferenciou dos demais tratamentos. Já para o teor de antocianinas observa-se nesse estudo que não houve diferença significativa entre os tratamentos, onde as concentrações variaram entre 47,86 e 61,94 mg/100 g. Quanto aos flavonoides, foi observado uma redução de compostos fenólicos e um aumento de flavonoides (Figura 12), sendo o tratamento sob cobertura com plástico PEBD obteve o maior valor (227,36 mg QE/100 g), diferenciando dos

demais tratamentos. Pelo método ABTS o tratamento utilizando cobertura com tela antigranizo obteve a maior atividade antioxidante (75,19 uM TE/g), diferenciando-se apenas do tratamento com cobertura plástico PEBD. Já pelo método FRAP a maior atividade antioxidante foi para tratamento com cobertura plástico PEBD (199,79 uM FeSO<sub>4</sub>E/g).

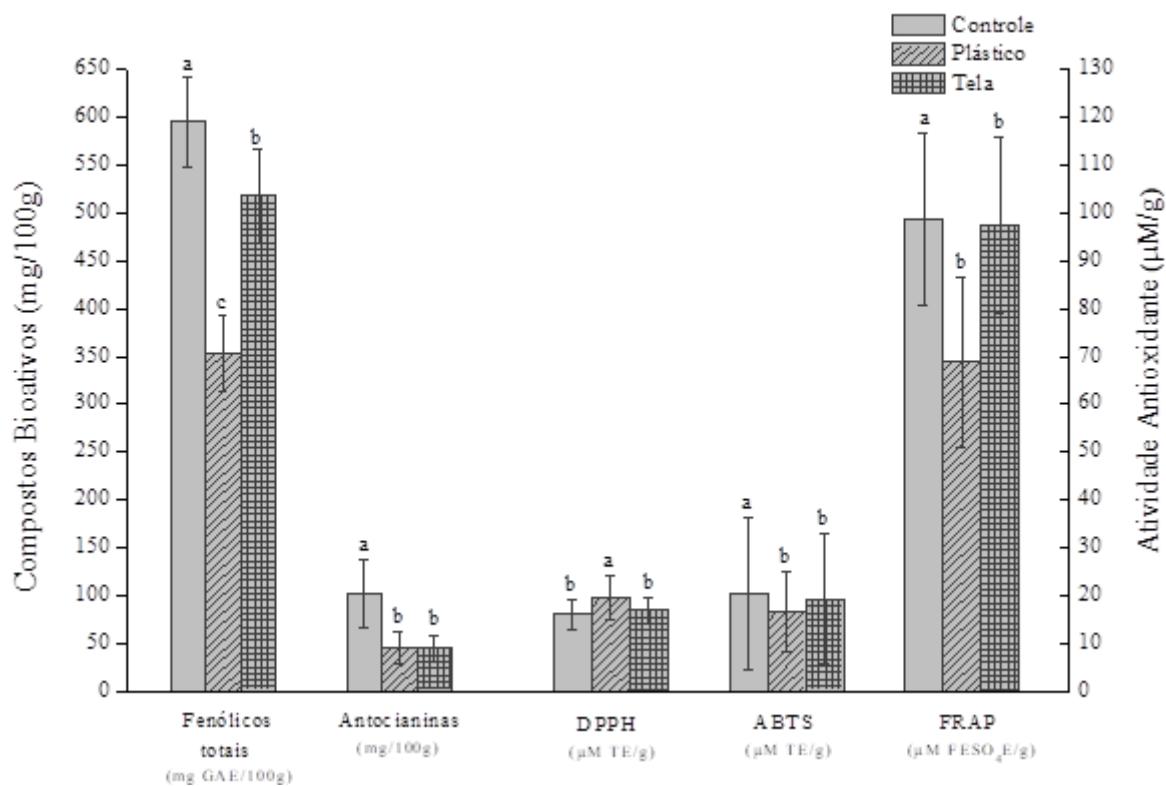
Figura 13- Determinação dos compostos bioativos e atividade antioxidante em bagas de uvas *Cabernet Sauvignon* safra 2019 cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).  
Médias seguidas da mesma letra em barras não diferem significativamente (Teste de Tukey, p>0,05).

Os dados de compostos bioativos e atividade antioxidante nas uvas *Cabernet Sauvignon* da safra 2019/20 apresentados na Figura 15, evidenciaram que o tratamento controle obteve o maior teor de compostos fenólicos (595,53 mg GAE/100 g), maior atividade antioxidante pelos métodos ABTS e FRAP (20,18 uM TE/g e 98,65 uM FeSO<sub>4</sub>E/g, respectivamente) e maior teor de antocianinas (102,49 mg/100 g). Quanto aos flavonoides, na safra de 2020 não foi possível determinar.

Figura 14- Determinação dos compostos bioativos e atividade antioxidante em de bagas de uvas *Cabernet Sauvignon* safra 2020 cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Médias seguidas da mesma letra em barras não diferem significativamente, (Teste de Tukey,  $p>0,05$ ).

Vanderlinde *et al.* (2016), e sua pesquisa na composição química das uvas *Cabernet Sauvignon* sob cobertura plástica PEBD em Santa Catarina, observaram que os fenólicos totais seguiram a mesma tendência da maturação tecnológica, onde as concentrações mais elevadas foram obtidas em uvas originadas de plantas cobertas.

Vanderlinde *et al.* (2016), observaram que não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos para antocianinas nas uvas *Cabernet Sauvignon*, onde as concentrações mais elevadas foram obtidas em uvas originadas de plantas cobertas. Uma série de investigações foi realizada para determinar os efeitos da exposição da uva à luz, mas os pesquisadores ainda não chegaram a um consenso. Alguns estudos não mostraram qualquer alteração no conteúdo de antocianinas totais em plantas sob sombreamento, enquanto outros relatam que a alta luminosidade resultou em diminuição de teores de antocianinas (SPAYD *et al.*, 2002).

Muniz *et al.* (2015) em sua pesquisa sobre desempenho vitícola de *Cabernet Sauvignon* cultivada em Regiões de Altitude do Sul do Brasil, observaram que as temperaturas influenciam a evolução de vários parâmetros qualitativos da uva, incluindo teor de açúcares, acidez, pH e compostos fenólicos. Durante o amadurecimento da uva, as temperaturas são extremamente importantes, pois o acúmulo de antocianina tem correlação negativa com altas temperaturas e positiva com temperaturas amenas.

Detoni *et al.* (2007) observaram que uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas fora da cobertura plástica apresentaram maior teor de antocianinas comparadas a uvas sob cobertura, no entanto, não havia diferença no aspecto visual de sua coloração. Já Bergqvist *et al.* (2001) demonstraram o quanto os cachos são influenciados pelas variações diárias de radiação. Cachos da variedade *Cabernet Sauvignon*, expostos à radiação direta durante todo o dia, apresentaram um aumento simultâneo na temperatura das bagas e menores teores de antocianinas e polifenóis totais na casca, quando comparados a cachos que receberam apenas luz difusa no período da tarde. Acredita-se que os maiores teores de antocianina obtidos ocorrem devido às baixas temperaturas, pois quando as temperaturas são elevadas, reduzem vários processos metabólicos, inibindo a biossíntese para a formação de antocianinas da baga, resultando em pouca coloração da casca (MALINOVSKI, 2012).

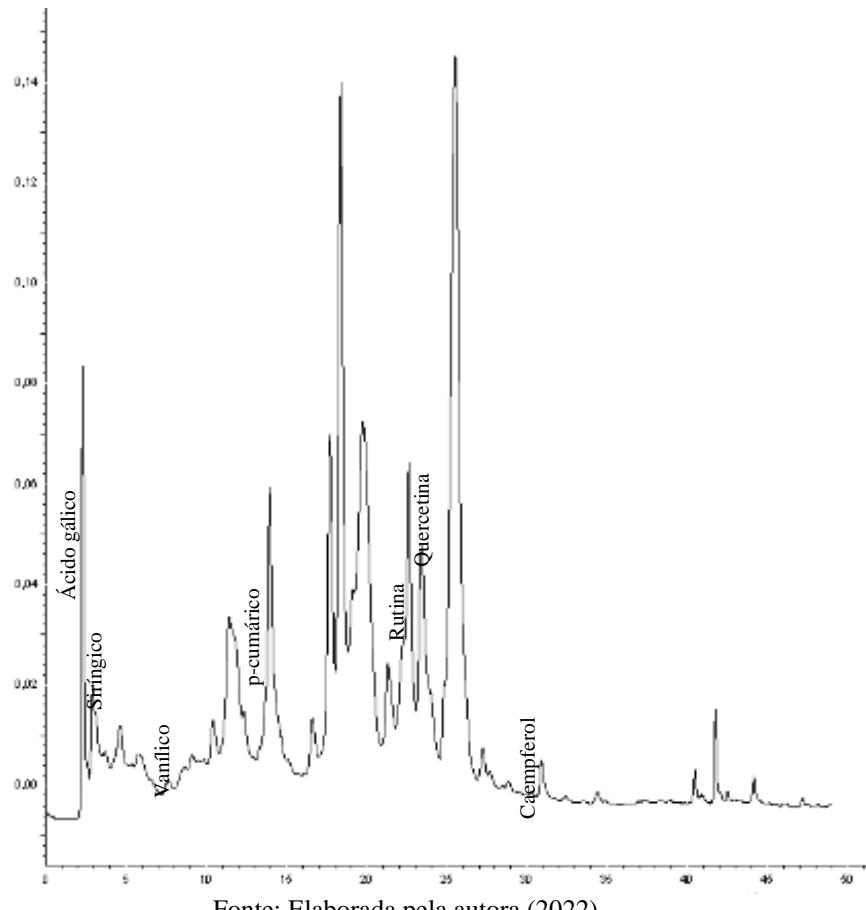
Os teores de fenólicos totais dependem de vários fatores, como estação do ano, grau de maturação da uva, disponibilidade de água, nutrição mineral, época da colheita e sanidade da uva. O clima tem a maior influência sobre os polifenóis, por exemplo, sabe-se que a temperatura e a umidade estão intimamente relacionadas com a altitude, portanto, em altitudes mais elevadas as temperaturas costumam ser menores, o que favorece o acúmulo de compostos fenólicos totais (MATEUS *et al.*, 2001).

Conforme Choné *et al.* (2001), a disponibilidade hídrica é fator de muita importância na definição da qualidade enológica das uvas e que déficits hídricos leves a moderados têm efeito enológico positivo no desenvolvimento e amadurecimento dos frutos. Alterações físico-químicas e sensoriais também podem ser atribuídas às restrições hídricas da videira. Além disso, Leeuwen; Seguin (1994) observaram que a qualidade fenólica, a quantidade de taninos e antocianinas em uvas tintas também é favorecida por restrições hídricas leves a moderadas.

#### **4.1.3 Determinação de compostos fenólicos presentes na uva na variedade *Cabernet Sauvignon* nas safras 2018/19 e 2019/2022 utilizando CLAE.**

A partir dos compostos determinados nos cromatogramas (Figura 15), foram realizadas as etapas de quantificação com base em uma curva de calibração em separado para cada composto específico. Apesar de ter sido apresentado apenas o cromatograma do tratamento com cobertura com plástico PEBD, os demais tratamentos com cobertura com tela antigranizo e controle também apresentaram em sua composição os compostos fenólicos, com variações estatísticas ao nível de 5%, segundo o teste de Tukey, na sua quantificação. Além disso, podem ser visualizados no cromatograma que há vários compostos presentes na uva, entretanto, não foram quantificados.

Figura 15- Cromatograma dos compostos fenólicos na uva *Cabernet Sauvignon* verificados no tratamento com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Nota: compostos obtidos: ácido gálico, siríngico, vanílico, rutina, quercetina, caempferol, p-cumárico.

As uvas *Cabernet Sauvignon* apresentaram alto teor de flavonoides, especialmente quercetina (Tabela 5). Os flavonóis também são considerados compostos fenólicos importantes e ficam localizados nas cascas das uvas. Entre os principais flavonóis estão a quercetina, rutina, caempferol, miricetina e seus derivados glicosilados. O tratamento controle obteve a maior concentração total de flavonóis ( $321,88 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ ), sendo que a quercetina e a rutina

diferenciaram significativamente entre todos os tratamentos. Em relação ao teor total de ácidos hidroxibenzóicos, o tratamento controle também apresentou o maior teor (105,10 µg/100 g), seguido por tratamento Tela (96,98 µg/100 g) e Plástico (96,01 µg/100 g). Já para os ácidos hidroxinâmicos o tratamento com cobertura com tela antigranizo obteve a maior concentração (351,68 µg/100 g), diferenciando significativamente do tratamento com cobertura com plástico PECD, e no tratamento controle este composto não foi detectado.

Tabela 5- Determinação de compostos fenólicos em bagas de uvas Cabernet Sauvignon cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.

<b>Safra 2019</b>	<b>Uva Cabernet Sauvignon</b>		
	<b>controle</b>	<b>plástico</b>	<b>tela</b>
<i>Ác. Hidrobenzóicos</i>			
<b>Ácido gálico</b>	9,36 ± 0,01 <sup>a</sup>	9,53 ± 0,06 <sup>a</sup>	9,45 ± 0,1 <sup>ab</sup>
<b>Siringico</b>	63,59 ± 0,43 <sup>a</sup>	61,85 ± 0,22 <sup>b</sup>	62,49 ± 0,30 <sup>b</sup>
<b>Vanílico</b>	32,23 ± 0,07 <sup>a</sup>	24,54 ± 0,01 <sup>c</sup>	25,26 ± 0,07 <sup>b</sup>
<b>Total</b>	105,18	95,92	97,2
<i>Flavonoides</i>			
<b>Rutina</b>	36,96 ± 5,09 <sup>b</sup>	41,05 ± 0,38 <sup>ab</sup>	45,63 ± 1,76 <sup>a</sup>
<b>Quercetina</b>	249,36 ± 5,22 <sup>a</sup>	124,03 ± 0,51 <sup>c</sup>	125,61 ± 0,14 <sup>b</sup>
<b>Campferol</b>	37,42 ± 0,05 <sup>a</sup>	31,66 ± 0,01 <sup>c</sup>	31,77 ± 0,03 <sup>b</sup>
<b>Total</b>	323,74	196,74	203,01
<i>Ácidos hidroxinâmicos</i>			
<b>p-cumárico</b>	ND*	334,27 ± 0,63 <sup>a</sup>	351,69 ± 0,50 <sup>b</sup>

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Valores expressos em µg/g ± desvio padrão. Médias na mesma linha com a mesma letra não diferem significativamente, (Teste de Tukey, p>0,05). \*ND: Não detectado

O p-cumárico não foi detectado no tratamento controle, estando em concentração abaixo do detectável. O ácido cumárico é formado a partir da hidroxilação do ácido cinâmico, ambos os ácidos e seus subsequentes são considerados compostos fenólicos simples denominados fenilpropanóides como os ácidos cafêicos e cumarinas. Estes são componentes básicos para a formação de compostos fenólicos complexos como as antocianinas, flavonoides (flavonas e flavonóis), isoflavonoides (isoflavonas) e taninos (TAIZ e ZEIGER; 2017).

Já os flavonoides que se encontram no final da rota de biossíntese, ou seja, são os últimos compostos formados na rota de biossíntese de metabólitos secundários. Verifica-se na Tabela 5, de maneira geral, há uma redução no somatório dos flavonoides no cultivo protegido, principalmente o cultivo sob cobertura com plástico PECD. O fato de cobrir as plantas, indica

que há um processo de inibição, ou menor indução de síntese está ocorrendo na rota do ácido chiquímico, onde a fenilalanina representa importante ponto de partida para a produção da maioria dos compostos fenólicos.

A fenilalanina é produzida a partir da eritrose 4-fosfato (rota das pentoses fosfatadas) e ácido fosfoenolpirúvico (glicólise) (LIN *et al.*, 2016). A molécula de amônia ( $\text{NH}_3$ ) é desassociada da fenilalanina por meio da enzima fenilalanina amônia liase (PAL) originando o ácido cinâmico. A enzima PAL é a mais importante e estudada no metabolismo dos fenóis, e sua atividade é intensificada quando influenciada por fatores externos como baixas temperaturas, nutrientes no solo e luz (LATTANZIO *et al.*, 2001; TAIZ; ZEIGER, 2017).

As temperaturas amenas são responsáveis por aumentar a atividade das enzimas no metabolismo dos fenóis e promovem a síntese de compostos que geram as mudanças características das cores para vermelho-roxo nas folhas e frutos (LATTANZIO *et al.*, 2001; ROSIER, 2003), o que explica as altas concentrações de flavonoides no tratamento controle e baixas concentrações de flavonoides no cultivo protegido. Sabe-se que nas condições do cultivo protegido em questão, as temperaturas são mais elevadas e a radiação solar é restrinida. Estes dois fatores são os elementos climáticos de maior relevância na síntese de compostos, levando em consideração a influência destes no metabolismo das plantas (CARDOSO *et al.*, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2017).

Portanto, os resultados obtidos demonstram que o cultivo protegido reduz o metabolismo secundário na casca de uvas, e que o fato de cobrir a planta está interferindo na rota de biossíntese, pois a somatória dos compostos fenólicos e flavonoides dos tratamentos com cobertura com plástico PEBD e tela antigranizo foram inferiores ao tratamento controle. Na safra de 2020, as uvas *Cabernet Sauvignon* apresentaram alto teor de p-cumárico e quercetina (Tabela 6), sendo que o tratamento controle obteve a maior concentração dos compostos quantificados, diferindo significativamente dos demais tratamentos.

Tabela 6- Determinação de compostos fenólicos presentes em bagas de uvas Cabernet Sauvignon cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.

<b>Safra 2020</b>	<b>Uva Cabernet Sauvignon</b>		
	<b>Controle</b>	<b>Plástico</b>	<b>Tela</b>
<b>Ác. Hidrobenzóicos</b>			
<b>Siringico</b>	$78,82 \pm 1,56^a$	$77,18 \pm 0,86^a$	$68,91 \pm 0,31^b$
<b>flavonoides</b>			
<b>Quercetina</b>	$177,51 \pm 2,38^a$	$123,19 \pm 0,14^c$	$133,76 \pm 1,40^b$
<b>Ác. hidrobenzinâmicos</b>			
<b>p-cumárico</b>	$581,25 \pm 0,11^a$	$430,64 \pm 0,04^c$	$558,50 \pm 0,16^b$

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Valores expressos em  $\mu\text{g/g} \pm$  desvio padrão. Médias na mesma linha com a mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey,  $p>0,05$ ).

Os ácidos fenólicos apresentam diferentes estruturas moleculares, sendo divididos em dois grandes grupos: os ácidos hidroxibenzóicos e os ácidos hidroxicinâmicos. Na safra 2020, entre os ácidos hidroxibenzóicos foi detectado e quantificado apenas o ácido siríngico, sendo o menor valor no tratamento com tela antigranizo ( $68,91\mu\text{g/g}$ ). Estes ácidos são compostos bioativos importantes que têm propriedades antimicrobianas e biológicas, e que têm sido detectados em sementes de uva, segundo a literatura.

No caso dos ácidos hidroxicinâmicos foi detectado e quantificado apenas o ácido p-cumárico, onde o tratamento controle teve maior concentração ( $581,25 \mu\text{g/g}$ ) diferenciando-se significativamente dos demais tratamento. Os ácidos fenólicos têm sido amplamente estudados, devido suas atividades bioativas, as quais incluem potencial antioxidante, atividades anti-inflamatórias (HELENO *et al.*, 2015).

Os compostos não flavonoides da uva compreendem os ácidos fenólicos, denominados ácidos benzoico e cinâmico, e na uva os maiores representantes desse tipo de compostos são os ácidos hidroxicinâmicos, encontrados nos vacúolos das células da polpa e casca, os mais comuns entre esses ácidos está o p-cumárico. Estes compostos desempenham papel importante nas oxidações que conduzem ao acastanhamento de mostos e vinhos, participando também em reações com antocianinas, agindo como copigmentos (COMARELLA *et al.*, 2018). Estes compostos, ricos em grupos hidroxil, são as primeiras substâncias fenólicas a serem oxidadas pelas enzimas fenoloxidásicas, nas respectivas quinonas. Estas quinonas envolvem-se em reações que conduzem ao aparecimento de compostos, com colorações que variam do amarelo ao castanho nos mostos.

Embora não exerçam uma influência direta no gosto dos vinhos, os ácidos hidroxicinâmicos estão implicados no aparecimento de fenóis voláteis produzidos por ação de alguns micro-organismos (bactérias e leveduras do gênero *Brettanomyces*) levando a alterações aromáticas (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006) no produto.

#### 4.1.4 Otimização das condições de isolamento dos compostos voláteis

Na Tabela 7, estão apresentados os efeitos que as variações do tempo e temperatura de exposição da fibra SPME ao *headspace* da amostra, provocaram sobre as seguintes variáveis de resposta: I) número total de compostos voláteis, II) abundância total dos picos de classe química dos álcoois, III) classe química dos aldeídos, IV) classe química dos ésteres, V) classe química das cetonas, e VI) classe química dos ácidos.

Tabela 7- Efeito do tempo e exposição da fibra SPME sobre o número total de compostos voláteis e as abundâncias total e das classes químicas de compostos voláteis de interesse.

Ensaios	Variáveis independentes		Variáveis dependentes <sup>1</sup>						
	Temperatura de exposição (°C) da fibra SPME	Tempo de exposição (min) da fibra SPME	N <sub>C</sub>	A <sub>t</sub> (x10 <sup>6</sup> )	A <sub>Á</sub> (10 <sup>6</sup> )	A <sub>Ald</sub> (10 <sup>6</sup> )	A <sub>E</sub> (10 <sup>6</sup> )	A <sub>C</sub> (10 <sup>6</sup> )	A <sub>Ac</sub> (10 <sup>6</sup> )
1	27,9	21,5	7	2,45	1,15	1,30	3,91	0	0
2	42,1	21,5	15	3,44	2,01	1,29	6,24	2,98	5,66
3	27,9	53,5	13	3,24	1,73	1,43	9,83	1,79	4,54
4	42,1	53,5	20	2,69	1,61	9,63	1,09	9,08	1,25
5	35	37,5	12	2,56	1,37	1,16	7,77	1,79	7,08
6	35	37,5	14	2,52	1,61	8,71	6,73	3,03	5,01
7	35	37,5	11	2,61	1,53	1,04	8,00	2,91	0
8	25	37,5	10	2,43	1,15	1,27	8,35	0	6,72
9	45	37,5	17	3,43	2,56	3,97	2,09	3,74	6,72
10	35	15	13	1,89	1,00	8,64	4,92	1,16	5,19
11	35	60	16	3,75	2,51	1,18	9,07	4,26	1,33

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

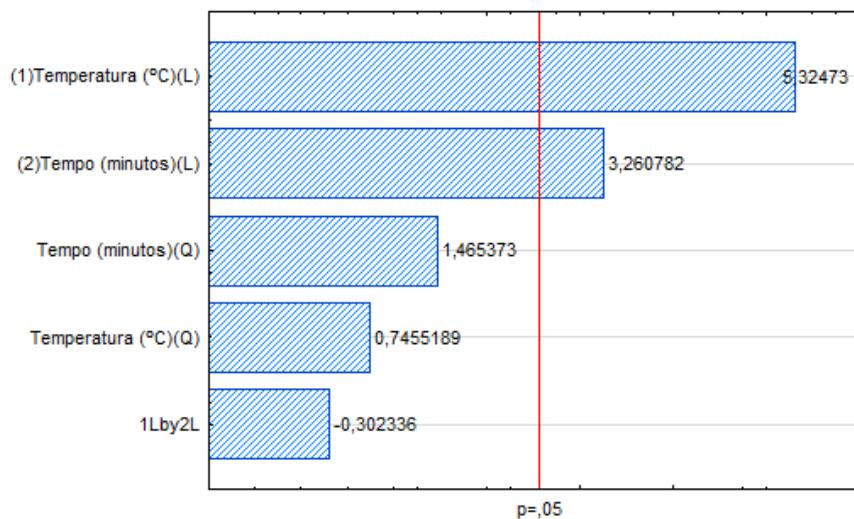
<sup>1</sup>N<sub>C</sub> = número de compostos identificados; A<sub>t</sub> = somatória da abundância dos picos de todos os compostos voláteis; A<sub>Á</sub> = abundância total dos picos dos álcoois; A<sub>ald</sub> = abundância total dos picos dos aldeídos; A<sub>e</sub> = abundância total dos picos dos ésteres; A<sub>c</sub> = abundância total dos picos das acetonas; A<sub>ac</sub> = abundância total dos picos dos ácidos.

Verifica-se na Tabela 7, uma grande variação nas somatórias das abundâncias em função de variações dos tempos e temperaturas de exposição da fibra SPME ao *headspace* da uva *Cabernet Sauvignon*. Os menores valores de abundância para todas as respostas foram observados no ensaio 1, cujas condições foram: exposição da fibra a 27,9 °C por 21,5 minutos.

Isso ocorreu, porque em temperaturas menores, a pressão de vapor e consequentemente a concentração dos compostos voláteis no *headspace* das amostras tende a ser menor, reduzindo a adsorção dos mesmos pela fibra SPME (PAWLISZYN, 2000). Nos pontos centrais (Tabela 7), correspondentes aos ensaios 5, 6 e 7, os valores de abundância de todos os grupos de voláteis estudados indicam uma boa reproduzibilidade do processo.

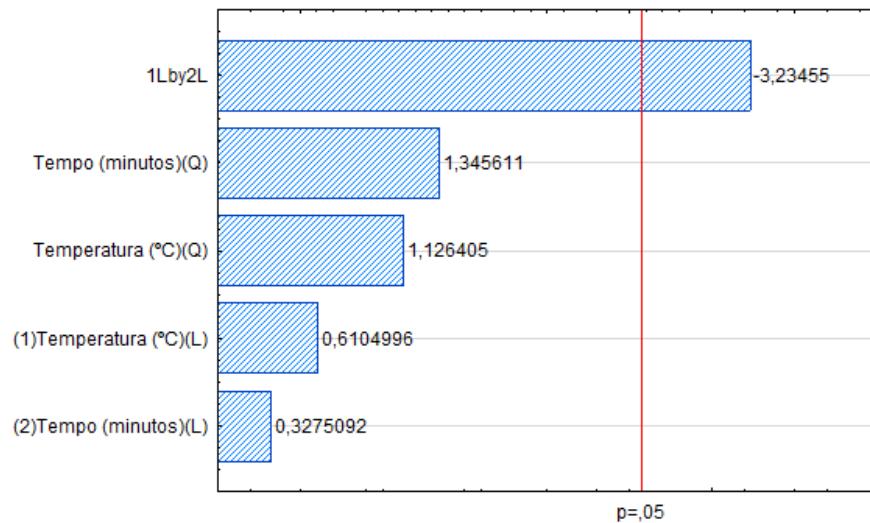
Os gráficos de Pareto mostrados nas Figuras 16, 17, e 18 demonstram que os efeitos lineares (L) da temperatura e do tempo de exposição da fibra SPME foram significativos ao nível de significância de 5% para o número de compostos identificados e para o somatório de abundância dos picos da classe química das cetonas. Por outro lado, apenas o efeito da interação da temperatura e do tempo foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) para o somatório de abundância dos picos da classe química dos ácidos. Para as demais variáveis de resposta, os efeitos da temperatura e do tempo não foram significativos ( $p > 0,05$ ). As probabilidades de significância dos efeitos analisados encontram-se detalhados na Tabela 8, para cada grupo de voláteis estudados.

Figura 16- Diagrama de Pareto para os efeitos do tempo e temperatura de exposição da fibra SPME sobre a número de compostos identificados.



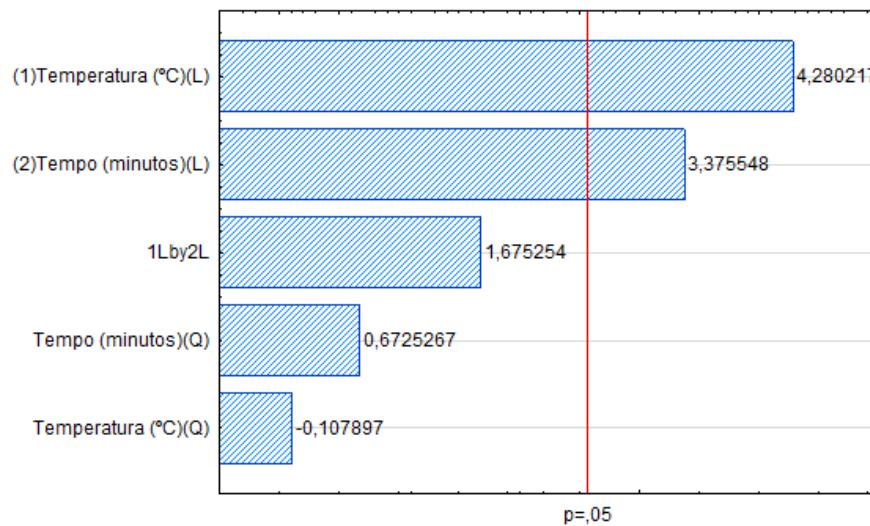
Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Figura 17- Diagrama de Pareto para os efeitos do tempo e temperatura de exposição da fibra SPME sobre o somatório de abundância dos picos da classe química das cetonas.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Figura 18- Diagrama de Pareto para os efeitos do tempo e temperatura de exposição da fibra SPME sobre o somatório de abundância dos picos da classe química dos ácidos.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Tabela 8- Probabilidades de significância (p) dos valores de F obtidos pela ANOVA dos dados de abundância total de cada grupo de voláteis estudado, para os efeitos lineares e quadráticos do tempo e temperatura de exposição da fibra SPME ao *headspace* da uva *Cabernet Sauvignon*.

Fonte de Variação	Valores pF		
	Nº compostos identificados	Cetonas	Ácidos
Temperatura (L)	0,0031	0,0079	0,5682
Temperatura (Q)	0,4895	0,9183	0,3111
Tempo (L)	0,0224	0,0198	0,7566
Tempo (Q)	0,2027	0,5311	0,2362
Txt	0,7746	0,1547	0,0231

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

(L) - Termos lineares; (Q) – Termos quadráticos; Txt – Interação entre a temperatura de adsorção e o tempo de extração.

Finalmente, a Tabela 9 apresenta os modelos ajustados para cada grupo de voláteis estudados, assim como os coeficientes de determinação dos modelos ( $R^2$ ), respectivas probabilidades de significância ( $pR^2$ ), e valores de F e correspondentes probabilidades de significância ( $pF$ ) do teste de *lack-of-fit* de cada modelo.

Tabela 9- Modelos preditivos e respectivas estatísticas associando os efeitos de tempo e temperatura de exposição da fibra SPME ao headspace da uva *Cabernet Sauvignon*, sobre a abundância total de cada grupo de voláteis estudados.

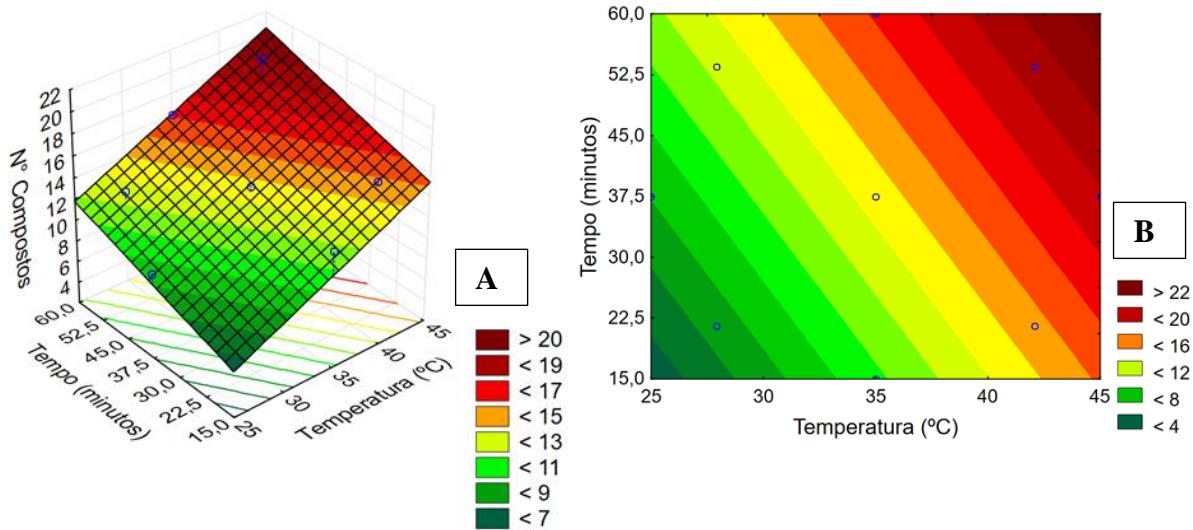
Grupo de voláteis	Modelo <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	pR <sup>2</sup>	Flack-of-fit	pFlack-of-fit
Número de compostos voláteis	Nc=13,45+3,12X <sub>1</sub> +1,91X <sub>2</sub>	0,84	0,0006	1,10	0,5473
Cetonas	Ac=2,80+1,95X <sub>1</sub> +1,54X <sub>2</sub>	0,78	0,002	4,58	0,1901
Ácidos	Aac=1,44+-2,23X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0,52	0,007	15,89	0,0605

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

<sup>1</sup> x1 = temperatura de adsorção; x2 = tempo de extração.

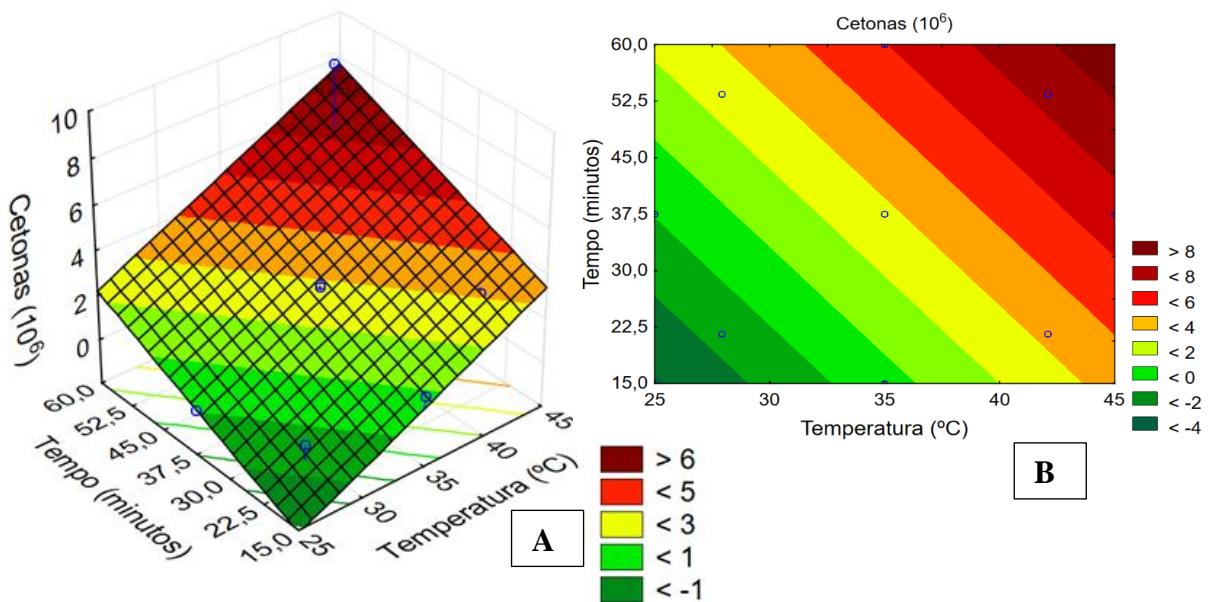
Analizando a Tabela 9, verifica-se que os coeficientes de determinação da regressão ( $R^2$ ) para os modelos foram válidos para fins preditivos, destacando-se o valor de 0,84 para o modelo do número de compostos voláteis, indicando uma porcentagem de variação explicada de 84%. Os modelos de regressão para as variáveis estudadas foram satisfatórios, visto que os valores de  $pR^2$  foram inferiores a 0,05. Além disso, todos os modelos apresentam ajuste adequado, uma vez que os valores de  $pFlack-of-fit$  não foram significativos ao nível de significância de 5%. Esses modelos foram utilizados para gerar as superfícies de resposta e as curvas de contorno, mostradas nas Figuras 19, 20 e 21.

Figura 19- Superfície de resposta e curva de contorno para os efeitos dos tempos e temperaturas de exposição da fibra SPME sobre o número de compostos identificados (A e B).



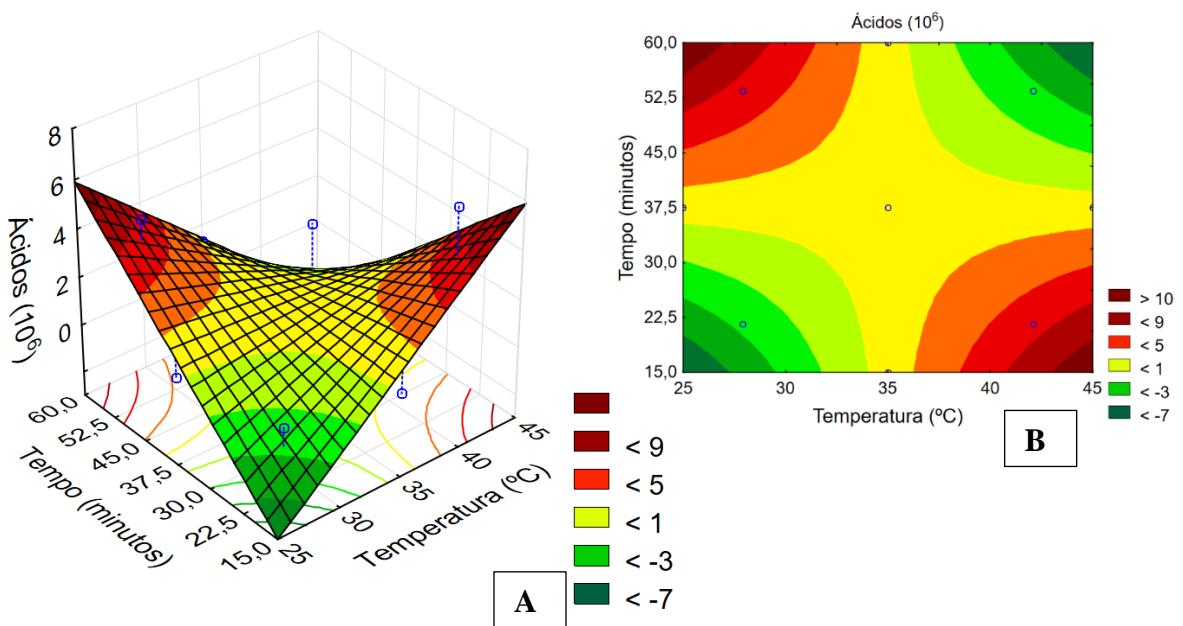
Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Figura 20- Superfície de resposta e curva de contorno para os efeitos dos tempos e temperaturas de exposição da fibra SPME sobre a somatória da abundância dos picos das cetonas (A e B).



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Figura 21- Superfície de resposta e curva de contorno para os efeitos dos tempos e temperaturas de exposição da fibra SPME sobre a somatória da abundância dos picos dos ácidos (A e B).



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

As superfícies de resposta e as curvas de contorno apresentadas nas Figuras 19, 20 e 21 demonstram que temperaturas mais elevadas e tempos maiores de exposição da fibra SPME ao *headspace* da uva *Cabernet Sauvignon* aumentaram a adsorção de compostos voláteis pela fibra. Pode-se observar na Figura 19, que quanto maior o tempo e temperatura, há maior números de compostos. Na Figura 21 somente a interação entre o tempo e temperatura foram significativos, ou seja, quanto maior tempo e menor temperatura, há um aumento de área de ácidos. Ou quanto maior temperatura e menor tempo, há também um aumento de área do composto estudado.

De acordo com os objetivos desse estudo, os compostos mais importantes para o aroma da uva são aldeídos, ésteres e álcoois, estes compostos não tiveram modelos que fossem significativos para predizer a variabilidade no processo de extração. Diante do exposto, os ensaios foram analisados (Tabela 7), e verificou-se que a maior área de compostos totais foi obtida no ensaio 2, e obteve umas das maiores áreas de compostos das classes químicas de ésteres, álcoois e aldeídos. Portanto a escolha do tempo e temperatura para a extração dos compostos voláteis das condições mais desejáveis de temperatura ( $42,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e tempo de exposição da fibra (21,5 min). Estas são aquelas que maximizam a adsorção dos números de compostos voláteis de interesse como aldeídos, ésteres e álcoois.

A Tabela 10 apresenta os resultados preditos e obtidos experimentalmente em ensaio de validação das condições ótimas escolhida em função da adsorção dos números de compostos voláteis de interesse. Para todas as variáveis de resposta estudadas, o resultado experimental ficou próximo do resultado predito pela escolha do ensaio. Esses resultados demonstram a grande utilidade e validade em se utilizar um planejamento experimental, a metodologia de superfície de resposta para otimizar as condições de isolamento de compostos voláteis por HS-SMPE em uma amostra.

**Tabela 10- Abundâncias preditas e obtidas experimentalmente nas condições ótimas de tempo e temperatura de exposição da fibra SPME ao *headspace* da uva *Cabernet Sauvignon* determinadas pela Metodologia de Superfície de Resposta associada à adsorção de compostos de compostos de interesse.**

Grupo de voláteis	Abundância predita ( $\times 10^6$ )	Abundância experimental ( $\times 10^6$ )
Nº compostos	15	13
Cetonas ( $10^6$ )	3,2071	2,5637
Ácidos ( $10^6$ )	3,6731	1,1614

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

#### **4.1.5 Perfil de compostos voláteis uva na variedade *Cabernet Sauvignon* nas safras 2018/19 e 2019/2020.**

Nas uvas foram detectados 37 compostos voláteis (Tabela 11). Destes, 14 foram identificados com base em seus espectros de massas e índices de retenção linear em coluna apolar (Elite 5MS); seis foram identificados com base apenas em seus espectros de massas e 17 compostos não puderam ser identificados. A Tabela 11 apresenta os compostos voláteis identificados, os seus respectivos índices de retenção, seus percentuais de área relativa no cromatograma e a qualidade de seus aromas como relatado na literatura científica (ACREE; ARN, 2004; GARRUTI *et al.*, 2006; SAMPAIO *et al.*, 2011; SAMPAIO *et al.*, 2013).

Na Tabela 11, as uvas apresentam maior área nas classes químicas de aldeídos e álcoois. As hexoses, que estão abundantemente presentes nas bagas de uvas maduras, podem ser degradadas pelas enzimas, dando origem a quantidades significativas de etanol e acetato de etila, observa-se que no tratamento com cobertura plástico PEBD apresentou menor % área de etanol. Já para classe de aldeídos, principalmente o hexanal são considerados produtos de oxidação enzimática dos ômegas 3 e 6 (WELKE *et al.*, 2012a). Os compostos primários são

derivados da uva como damascenona, hexanol e aldeídos, eles podem ser considerados como uma impressão digital, uma assinatura, um marcador volátil.

As uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas sob cobertura plástica PEBD e no tratamento controle apresentaram notas de aromas mais frutados, floral e herbáceos, enquanto uvas cultivadas sob cobertura com tela antigranizo apresentou notas de aroma mais herbáceos e pungente. As uvas *Cabernet Sauvignon* contêm precursores glicosídicos de compostos C13-norisoprenóides, que são compostos do metabolismo secundário, que se originam da oxidação enzimática dos carotenoides (NAIKER, 2001). A existência dos precursores mesmo em quantidades diminutas, justifica o fato de variedades de uvas neutras produzirem vinhos aromáticos com características particulares.

Tabela 11- Compostos voláteis identificados nas bagas de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo, agrupados de acordo com a classe química, com seus respectivos índices de retenção linear encontrados experimentalmente (IR exp.) e na literatura (IR lit.), % de área relativa (% Área) e abundância no cromatograma, e descrição do aroma conforme consta na literatura.

(continua)

Nº	Compostos	IR Exp.	IR Lit.	Uva <i>Cabernet Sauvignon</i> 2019 (Área%)			Descriptor de aroma <sup>b</sup>
				controle	plástico	tela	
<b>Álcoois</b>							
1	Etanol	NC	442	2,01 ± 0,32	0,78 ± 0,15	2,53 ± 2,24	doce
2	3-Metil-1-butanol	NC	740	X	X	0,08 ± 0,05	uísque, malte, queimado
3	2-Metil-1-butanol	NC	733	X	X	1,11 ± 0,45	malte
4	Isobutanol	NC	622	X	X	0,19 ± 0,15	vinho, solvente, amargo
5	(E)-2-hexenol	864	863	2,05 ± 0,40	3,54 ± 1,07	3,77 ± 3,39	verde, folha, noz
6	1-Hexanol	872	872	9,31 ± 1,35	9,86 ± 4,02	17,15 ± 5,82	resina, flor, herbáceo
7	2-Etil Hexanol	1037	1038	27,07 ± 3,78	29,80 ± 5,14	18,35 ± 6,71	rosas, herbáceo
<b>Aldeídos</b>							
8	Hexanal	NC	801	27,69 ± 5,36	31,29 ± 5,90	25,630 ± 5,78	herbáceo, ranço, gordura
9	(E)-2-Hexenal	844	844	24,95 ± 5,23	18,98 ± 3,25	19,23 ± 6,62	verde, folha
10	Octanal	1007	1007	X	0,03 ± 0,06	X	gordura, sabão, limão, herbáceo
11	Fenilacetaldeído	1046	1046	X	X	1,03 ± 5,37	floral, mel
12	Nonanal	1111	1110	0,16 ± 0,10	0,29 ± 0,17	0,15 ± 0,07	gordura, cítrico, herbáceo
13	Decanal	1212	1212	0,13 ± 0,05	0,24 ± 0,13	0,11 ± 0,04	sabão, casca de laranja, ranço
14	Dodecanal	1414	1412	X	0,03 ± 0,04	X	herbáceo, gordura, doce
<b>Ésteres</b>							
15	Acetato de octila	1166	1159	0,22 ± 0,09	0,27 ± 0,07	0,17 ± 0,07	frutado
<b>C<sub>13</sub>-norisoprenóides</b>							
16	β-Damascenona	1386	1385	0,13 ± 0,10	0,21 ± 0,19	0,23 ± 0,13	maçã, mel, rosas

(conclusão)

Nº	Compostos	IR Exp.	IR Lit.	<i>Uva Cabernet Sauvignon 2019 (Área%)</i>			Descriptor de aroma <sup>b</sup>
				controle	plástico	tela	
<b>Ácidos</b>							
17	Ácido acético	NC	602	X	X	0,11 ± 0,05	azedo
<b>Terpenos</b>							
18	α-Farneseno	1542	1545	X	0,02 ± 0,03	X	madeira, doce
<b>Outros</b>							
19	Adipato de isopropila	1454	1464	X	X	0,04 ± 0,03	
20	Ácido ftálico, éster hex-3-il isobutílico	2064	2016	0,42 ± 0,16	0,18 ± 0,26	X	

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Nota: Tela (uva produzida em sistema de cultivo protegido com tela antigranizo); Plástico (uva produzida em sistema de cultivo protegido com plástico); Controle (uva produzida sem sistema de cultivo protegido).

Números sobreescritos na coluna IR Exp. representa o nº de amostras de tratamentos avaliados. NC: Não calculado; X.: Não detectado.

<sup>c</sup>ACREE, T. E.; ARN, H. Flavornet. Ano 2020. Disponível em: <<http://www.flavornet.org/flavornet.html>>. Acesso em: jun. 2020.

NIST. National Institute of Standards and Technology. Mass Spectral Search Program for the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library, version 2.0. 2014.

Na safra 2020 foram detectados 14 compostos voláteis nas uvas *Cabernet Sauvignon* (Tabela 12), sendo que todos os 14 compostos foram identificados com base em seus espectros de massas e índices de retenção linear em coluna apolar (Elite 5MS); cinco foram identificados com base apenas em seus espectros de massas. A Tabela 12 apresenta os compostos voláteis identificados, os seus respectivos índices de retenção, seus percentuais de área relativa no cromatograma e a qualidade de seus aromas como relatado na literatura científica.

As uvas da safra 2020 seguem a mesma tendência da safra de 2019, onde apresentam maior área nas classes químicas de aldeídos e álcoois (Tabela 12). Destaca-se que a uva do tratamento sob cobertura com plástico PEBD possuí a maior % de área na classe dos aldeídos (75,23%), aldeídos C6 originados da fase pré-fermentativa são: acil-hidrolase, lipoxigenase, enzima de clivagem dos peróxidos e álcool-desidrogenase. Estes compostos apresentam um aroma herbáceo e têm um limiar de percepção relativamente baixo.

Já para a classe dos álcoois as uvas do tratamento com tela antigranizo apresentou a maior % de área (55,74%). Os álcoois superiores são produzidos a partir de açúcares e aminoácidos durante a fermentação alcoólica e incluem compostos alifáticos e aromáticos. Estes álcoois podem ter efeitos tanto positivos como negativos no aroma do vinho. Os álcoois alifáticos mais encontrados em vinhos são o propanol (aroma de fruta madura), butanol (aroma de solvente), hexanol (floral, grama), isobutanol e álcool isoamílico (LAMBRECHTS *et al.*, 2000; SWIEGERS *et al.*, 2005; AZNAR *et al.*, 2007).

Tabela 12- Compostos voláteis identificados nas bagas de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo, agrupados de acordo com a classe química, com seus respectivos índices de retenção linear encontrados experimentalmente (IR exp.) e na literatura (IR lit.), % de área relativa (% Área) e abundância no cromatograma, e descrição do aroma conforme consta na literatura.

Nº	Compostos	IR Exp.	IR. Lit.	Uva <i>Cabernet Sauvignon</i> 2020 (Área%)			Descriptor de aroma <sup>b</sup>
				controle	plástico	tela	
<b>Álcoois</b>							
1	Etanol	NC	422	3,39 ± 3,03	4,90 ± 2,71	2,39 ± 2,22	doce
2	3-metil-1-butanol	NC	740	3,22 ± 4,96	X	35,64 ± 8,39	uísque, malte, queimado
3	(E)-3-hexenol	845	844	17,32 ± 20,19	0,56 ± 0,11	4,05 ± 7,82	musgo, fresco
4	(Z)-2-hexenol	859	856	3,46 ± 2,36	2,06 ± 1,37	2,55 ± 0,45	folha, verde, vinho, fruta
5	1-Hexanol	865	872	6,80 ± 3,04	4,09 ± 2,51	6,93 ± 2,81	resina, florado, verde
6	2-Etil Hexanol	1033	1038	10,22 ± 6,40	12,08 ± 10,35	4,17 ± 1,59	rosa, herbáceo
<b>Ésteres</b>							
7	Acetato de etila	NC	605	1,14 ± 0,43	1,06 ± 1,74	0,59 ± 0,48	abacaxi
8	Octanoato de etila	1199	1196	0,45 ± 0,11	X	0,76 ± 0,11	frutado, gordura
9	<b>Ácidos</b>						
10	Ácido acético	NC	602	1,13 ± 1,22	X	0,47 ± 0,38	azedo
11	<b>Aldeídos</b>						
12	Hexanal	NC	801	25,48 ± 5,46	35,18 ± 13,27	24,98 ± 4,98	herbáceo, folha
13	(E)-2-Hexenal	843	844	27,40 ± 17,40	39,53 ± 12,01	17,46 ± 6,09	herbáceo, folha
14	Nonanal	1106	1110	X	0,51 ± 0,11	X	gorduroso, cítrico, herbáceo

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Nota: Tela (uva produzida em sistema de cultivo protegido com tela antigranizo); Plástico (uva produzida em sistema de cultivo protegido com plástico); Controle (uva produzida sem sistema de cultivo protegido). Números sobreescritos na coluna IR Exp. representa o nº de amostras de tratamentos avaliados. NC: Não calculado; X.: Não detectado. <sup>b</sup>ACREE, T. E.; ARN, H. Flavornet. Ano 2020. Disponível em: <<http://www.flavornet.org/flavornet.html>>. Acesso em: jun. 2020.

NIST. National Institute of Standards and Technology. Mass Spectral Search Program for the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library, version 2.0. 2014.

Segundo Sun *et al.* (2011), a exposição solar quando não excessiva e climas quentes, tende a melhorar as características das uvas e permitir um sabor modificado a qualidade potencial do vinho, e para a determinação de compostos responsáveis pela qualidade da uva, como aumento na quantidade de açúcares, sólidos solúveis, acidez titulável e a formação de compostos aromáticos varietais, a exemplo dos monoterpenos (LEE *et al.*, 2007).

Yu Wang *et al.* (2020) avaliaram a influência da radiação solar refletida nas fileiras do vinhedo, utilizando cobertura de polietileno em relação aos compostos voláteis das uvas e vinhos da variedade *Cabernet Sauvignon*, e observaram em seus resultados que a cobertura de polietileno entre fileiras diminuiu os norisoprenóides e terpenóides totais em uvas, que a cobertura de polietileno entre fileiras aumentou a quantidade total de compostos C 6/C 9 nas uvas, o que corrobora com este estudo.

As uvas cultivadas no tratamento controle e sob cobertura com plástico PEBD, seguiram o mesmo comportamento da safra 2019, onde apresentaram notas de aromas mais frutados, floral e herbáceos, enquanto a uva sob cobertura Tela apresentou notas de aroma mais herbáceos e pungente. Porém não foi detectado precursores glicosídicos de compostos C13-norisoprenóides, que são compostos do metabolismo secundário, que se originam da oxidação enzimática dos carotenoides.

4.2 Vinhos elaborados de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo na safra 2019/2020

#### **4.2.1 Determinação da composição centesimal dos vinhos elaborados de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo na safra 2019/2020**

Na Tabela 13, encontram-se os resultados das análises físico-químicas dos vinhos elaborados de cada tratamento da safra 2019.

Tabela 13- Parâmetros de qualidade dos vinhos elaborados de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.

<b>Safra 2019</b>	<b>Vinho <i>Cabernet Sauvignon</i></b>		
	<b>controle</b>	<b>plástico</b>	<b>tela</b>
<b>Teor alcoólico (° GL/20 °C)</b>	11,53 ± 1,16 <sup>a</sup>	11,13 ± 0,31 <sup>a</sup>	11,3 ± 0,70 <sup>a</sup>
<b>pH</b>	3,5 ± 0,05 <sup>a</sup>	3,4 ± 0,13 <sup>a</sup>	3,5 ± 0,12 <sup>a</sup>
<b>Açúcares redutores (g L<sup>-1</sup>)</b>	3,36 ± 1,70 <sup>a</sup>	2,39 ± 0,52 <sup>a</sup>	2,34 ± 0,33 <sup>a</sup>
<b>Densidade (g/mL)</b>	0,995 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,991 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,992 ± 0,00 <sup>b</sup>
<b>Acidez volátil (meq/L)</b>	5,56 ± 0,26 <sup>a</sup>	5,53 ± 0,46 <sup>a</sup>	6,24 ± 0,35 <sup>a</sup>
<b>Acidez total (meq/L)</b>	64,34 ± 6,68 <sup>a</sup>	64,52 ± 1,41 <sup>a</sup>	62,92 ± 1,52 <sup>a</sup>
<b>SO<sub>2</sub> livre (mg L<sup>-1</sup>)</b>	11,70 ± 5,49 <sup>a</sup>	17,68 ± 2,65 <sup>a</sup>	16,86 ± 2,47 <sup>a</sup>
<b>SO<sub>2</sub> combinado (mg L<sup>-1</sup>)</b>	16,02 ± 1,20 <sup>a</sup>	21,58 ± 5,47 <sup>a</sup>	18,65 ± 3,22 <sup>a</sup>
<b>SO<sub>2</sub> total</b>	27,72 ± 6,52 <sup>a</sup>	39,27 ± 3,13 <sup>a</sup>	35,51 ± 1,06 <sup>a</sup>

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Médias na mesma linha com a mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey, p>0,05).

Verificou-se que os vinhos *Cabernet Sauvignon* diferiram apenas na densidade, onde o tratamento controle obteve a maior valor (0,995 g/mL). A densidade do vinho é consequência do teor alcoólico e da quantidade de açúcar residual. Os resultados analíticos da acidez total evidenciam que o cultivo protegido não teve influência nos vinhos, pois não diferenciaram significativamente. Os vinhos *Cabernet Sauvignon* apresentaram pH entre 3,4 e 3,5; e não diferiram entre si.

Na Tabela 14, encontram-se os resultados das análises físico-químicas dos vinhos elaborados na safra de 2020.

Tabela 14- Parâmetros de qualidade dos vinhos elaborados de uvas Cabernet Sauvignon cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.

<b>Safra 2020</b>	<b>Vinho Cabernet Sauvignon</b>		
	<b>controle</b>	<b>plástico</b>	<b>tela</b>
<b>Teor alcoólico (° GL/20 °C)</b>	13,17 ± 0,12 <sup>a</sup>	13,07 ± 0,6 <sup>a</sup>	13,27 ± 0,06 <sup>a</sup>
<b>pH</b>	3,52 ± 0,04 <sup>a</sup>	3,27 ± 0,01 <sup>c</sup>	3,41 ± 0,02 <sup>b</sup>
<b>Açúcares redutores (g L<sup>-1</sup>)</b>	2,78 ± 0,72 <sup>a</sup>	2,93 ± 0,41 <sup>a</sup>	2,88 ± 0,72 <sup>a</sup>
<b>Densidade (g/mL)</b>	0,991 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,993 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,991 ± 0,00 <sup>a</sup>
<b>Acidez volátil (meq/L)</b>	6,15 ± 0,61 <sup>a</sup>	5,41 ± 0,09 <sup>a</sup>	5,75 ± 0,66 <sup>a</sup>
<b>Acidez total (meq/L)</b>	68,78 ± 5,59 <sup>b</sup>	79,38 ± 2,37 <sup>a</sup>	71,27 ± 2,84 <sup>ab</sup>
<b>SO<sub>2</sub> livre (mg L<sup>-1</sup>)</b>	13,83 ± 2,71 <sup>a</sup>	10,59 ± 3,69 <sup>b</sup>	13,53 ± 2,39 <sup>a</sup>
<b>SO<sub>2</sub> combinado (mg L<sup>-1</sup>)</b>	8,73 ± 1,36 <sup>b</sup>	7,73 ± 1,08 <sup>b</sup>	14,21 ± 1,61 <sup>a</sup>
<b>SO<sub>2</sub> total</b>	22,56 ± 4,06 <sup>a</sup>	18,32 ± 4,75 <sup>a</sup>	27,74 ± 4,00 <sup>a</sup>

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Médias na mesma linha com a mesma letra não diferem significativamente, (Teste de Tukey, p>0,05).

Na Tabela 14, os vinhos da safra 2020, diferiram apenas o pH entre os tratamentos. A maturação das uvas nessa safra contribuiu para o aumento do teor alcoólico dos vinhos, que ficaram em torno de 13% vol. Verifica-se que a acidez total foi maior para o vinho elaborado com uvas do tratamento com cobertura com plástico PEBD (79,38 meq/L), diferenciando-se significativamente com o tratamento controle, que obteve a menor concentração (68,78 meq/L).

As análises físico-químicas dos vinhos evidenciaram que todos os vinhos produzidos estão de acordo com a Lei nº 7.678, de 1988 e a Instrução Normativa nº 14, de 08 de fevereiro de 2018, com graduação alcoólica de 8,6 a 14% em volume, a 20 °C obtida da fermentação alcoólica do mosto de fruta sã, fresca e madura, e quanto ao teor de açúcares redutores, calculado em g L<sup>-1</sup>, os vinhos elaborados podem ser designados de “Seco”.

Chavarria *et al.* (2011), em sua pesquisa sobre a caracterização físico-química do mosto e do vinho *Moscato Giallo* em videiras cultivadas sob cobertura de plástico observaram que os vinhos do cultivo protegido, como consequência do atraso na maturação, apresentam menor graduação alcoólica. Entretanto nesse estudo não houve atraso na maturação, e os resultados evidenciam que não houve diferença estatística do teor alcoólico nos vinhos elaborados.

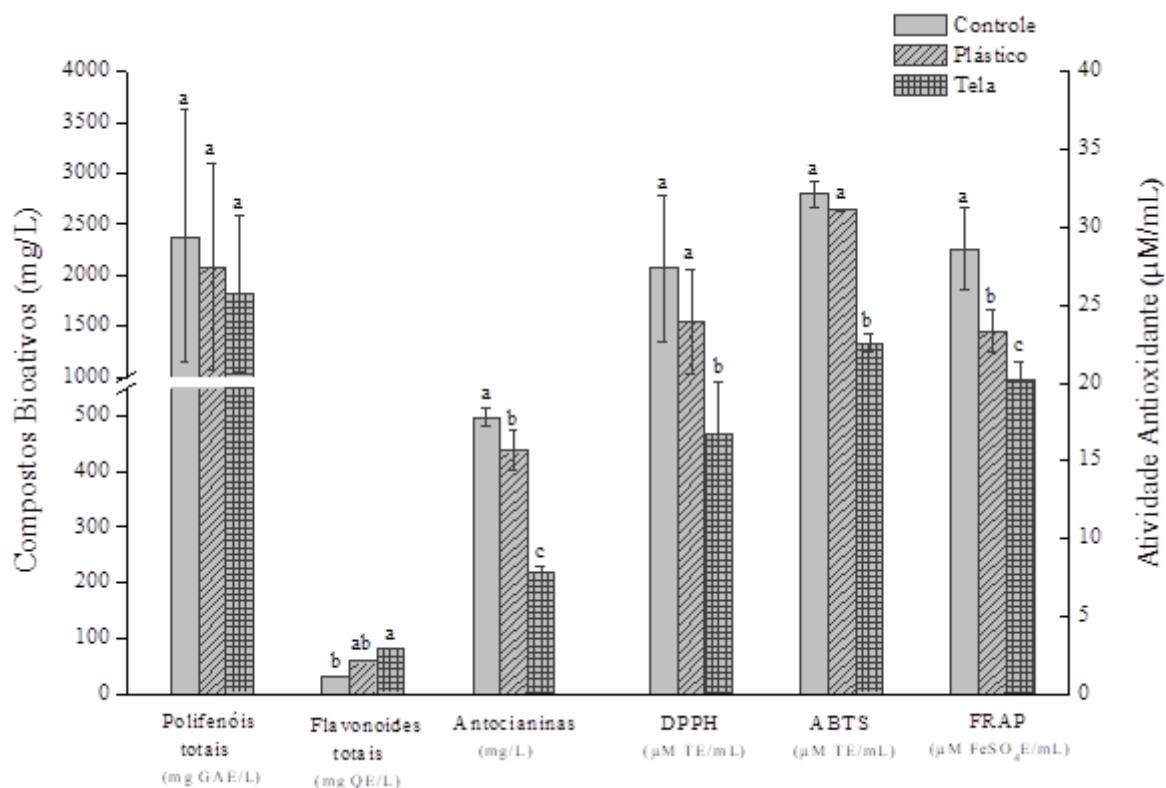
O pH é uma das características mais importantes do vinho, pois além de interferir na cor, exerce um efeito pronunciado sobre o gosto. Os vinhos com pH elevado são mais suscetíveis às alterações oxidativas e biológicas (CHAVARRIA *et al.*, 2011). De acordo com Chavarria *et al.* (2009), o cultivo protegido modifica o microclima do vinhedo, possibilitando

uma maturação completa das uvas, e os resultados indicam que o cultivo protegido não influenciou negativamente na qualidade do vinho.

#### **4.2.2 Determinação dos compostos bioativos e atividade antioxidante dos vinhos elaborados de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo na safra 2019/2020**

Na Figura 22 são apresentados os resultados dos teores dos compostos bioativos e atividade antioxidantes determinados nos vinhos elaborados. O vinho é um tipo de bebida constituído por diversos compostos, dentre os quais alguns apresentam efeitos fisiológicos importantes como os polifenóis e antocianinas.

Figura 22- Teores de compostos bioativos e atividade antioxidante dos vinhos elaborados de uvas *Cabernet Sauvignon* Safra 2019 cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).  
Médias seguidas da mesma letra em barras não diferem significativamente (Teste de Tukey,  $p>0,05$ ).

Na Figura 22 observa-se que para os polifenóis totais (PT) encontrados nos vinhos foram de 1816,97 a 2381,91 mg GAE/L. Já para flavonoides, o maior valor foi para o tratamento do vinhedo utilizando cobertura com tela antigranizo diferenciando significativamente do tratamento controle. Em relação às análises de atividade antioxidante, todos os métodos (DPPH, ABTS e FRAP) evidenciaram que o tratamento controle obteve a maior atividade antioxidante nos vinhos estudados, diferenciando significativamente dos demais tratamentos. Também observa-se que o tratamento do vinhedo com cobertura com tela antigranizo obteve a menor atividade antioxidante.

As antocianinas são os pigmentos vermelhos responsáveis pela coloração dos vinhos tintos novos. Todos os tratamentos avaliados originaram vinhos com teores elevados de antocianinas (217,98 a 497,57 mg L<sup>-1</sup>), e todos os tratamentos diferenciaram entre si, sendo a maior concentração de antocianinas para o tratamento controle.

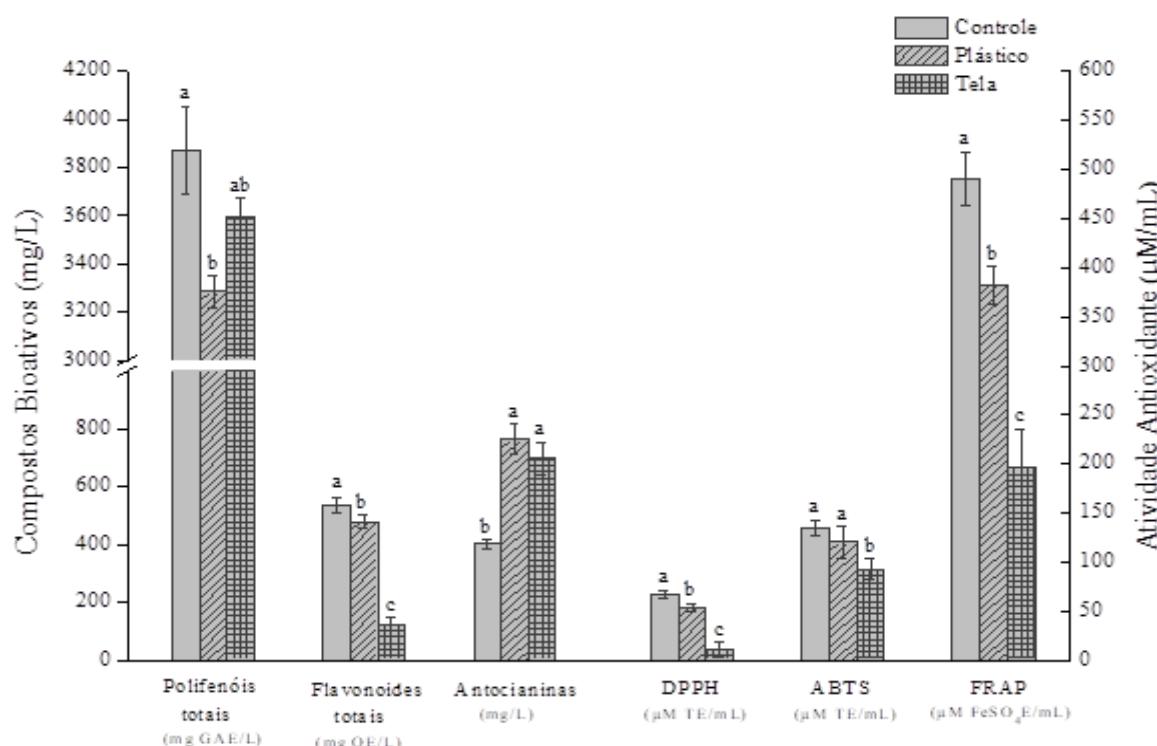
Os vinhos elaborados na safra 2020 os resultados mostrados na Figura 23, evidenciam que o tratamento controle e o tratamento do vinhedo com cobertura com tela antigranizo apresentaram os maiores teores de polifenóis totais (3870,31 e 3592,49 mg GAE/L), diferenciando-se do tratamento do vinhedo com cobertura com plástico PEBD. Já para flavonoides todos os tratamentos diferenciaram-se entre si, sendo o maior valor para o tratamento controle (535,17 mg QE/L), e o menor valor para o tratamento do vinhedo com cobertura com tela antigranizo (125,11 mg QE/L). Em relação as análises de atividade antioxidante, todos os métodos (DPPH, ABTS e FRAP), evidenciaram que o tratamento controle obteve a maior atividade antioxidante nos vinhos estudados, sendo que todos os tratamentos diferenciaram-se entre si. Observa-se que o tratamento do vinhedo com cobertura com tela antigranizo obteve a menor atividade antioxidante, esse mesmo comportamento foi observado na safra 2019.

As análises de antocianinas evidenciaram que todos os tratamentos avaliados originaram vinhos com teores bastante elevados de antocianinas (402,28 a 761,88 mg L<sup>-1</sup>), apenas o tratamento controle diferenciou-se entre os demais tratamentos, obtendo a menor concentração (402,28 mg L<sup>-1</sup>).

Os resultados obtidos corroboram com os teores encontrados por (MUNIZ *et al.*, 2015) que avaliaram *Cabernet Sauvignon* em Campo Belo do Sul (2.259,3 mg GAE/L), e superiores aos encontrados por GONZÁLEZ-NEVES *et al.* (2015), para a *Cabernet Sauvignon* (1153,00 mg GAE/L em 2013) no Uruguai. Burin *et al.* (2011) avaliaram a evolução dos vinhos *Cabernet Sauvignon* de dois clones diferentes, durante o envelhecimento em garrafa, e a concentração

dos polifenóis totais dos vinhos jovens de *Cabernet Sauvignon*, dos clones 169 e 685, de ambos os locais foi de 2114,9 a 2569,8 mg GAE/L, valores semelhantes encontrados nesse estudo. O conteúdo de antocianinas totais (AT) para todas as amostras de vinho, também foram superiores aos resultados encontrados por Burin *et al.* (2011), que obtiveram valores de AT de 209 mg L<sup>-1</sup>.

Figura 23- Teores de compostos bioativos e atividade antioxidante em vinhos elaborados de uvas Cabernet Sauvignon safra 2020 cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Médias seguidas da mesma letra em barras não diferem significativamente, (Teste de Tukey, p>0,05).

Spayd *et al.* (2002) avaliaram como a composição das uvas *Merlot* foi afetada pela exposição à luz solar e diferiu os efeitos da temperatura da radiação solar na composição de antocianinas e compostos fenólicos. O estudo observou que a luz solar influencia a composição das bagas da uva por meio de pelo menos dois mecanismos: temperatura e radiação solar. Além disso, Spayd *et al.* (2002) observaram que a luz aumenta a concentração total de antocianinas monoméricas e flavonóides. A biossíntese de flavonóides estimulada pela luz ultravioleta, fica evidenciada pela diminuição da concentração nas cascas das bagas protegidas por barreiras ultravioleta, desde a floração do cacho até a colheita. Entretanto, as barreiras de luz ultravioleta não afetaram a concentração total de antocianinas monoméricas quando comparadas às uvas

não protegidas. O sombreamento completo da fruta não é recomendado porque alguma luz solar é necessária para a síntese máxima de antocianinas e para equilibrar a composição de outros componentes da fruta (SPAYD *et al.*, 2002).

Esses resultados mostram a influência da cobertura utilizada nas uvas, sobre os vinhos elaborados, pois a luminosidade é atenuada de forma diferenciada, conforme o tipo de material utilizado como cobertura (PEDRO JÚNIOR e SENTELHAS, 2003). O cultivo protegido ocasiona reduções na radiação fotossinteticamente ativa, o que interferiu nos teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

Ferreira *et al.* (2004) avaliaram a variação da incidência de luz solar em vinhedos de *Cabernet Sauvignon* cultivados sob cobertura de polietileno. Foi observado que, em se tratando da radiação multidirecional, mais comum em dias nublados, ocorreu maior penetração de radiação dentro da estufa quando comparado ao dossel descoberto. Entretanto, em dias ensolarados, a penetração da radiação solar no dossel coberto é menor quando comparada a radiação penetrante em vinhedos descobertos. Em média, a incidência de radiação nas áreas cobertas corresponde a 85,4% da radiação incidente no vinhedo descoberto (FERREIRA *et al.*, 2004).

O potencial de extração das antocianinas depende do estado de maturação que controla a ruptura das células da casca da uva (FOGAÇA *et al.*, 2015). Se todas as outras condições continuarem iguais, quando as uvas estiverem perfeitamente maduras ou levemente sobremaduras, o conteúdo de antocianinas no vinho será maior do que era na maturação das uvas (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006).

Alguns manejos no vinhedo, tais como raleamento de cachos ou remoção tardia de folhas, facilita a maturação e decresce os valores do índice de maturação celular, dessa forma, o conteúdo de antocianinas e a cor dos vinhos aumenta, mesmo que o conteúdo de antocianinas das uvas não aumente (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006; FOGAÇA *et al.*, 2015).

A diferença de extratibilidade de antocianinas entre uvas pode ser explicada pela diferença no conteúdo de pectina e celulose das células e bem como de alguns polissacarídeos (NOGALES BUENO *et al.*, 2014). Uma vez que as uvas tenham sido colhidas, a composição fenólica do vinho torna-se dependente do processamento dentro da vinícola. Tendo em vista que as antocianinas estão localizadas nos tecidos das cascas, a fermentação e a maceração têm um profundo efeito na quantidade de antocianinas presentes no vinho (KENNEDY, 2008).

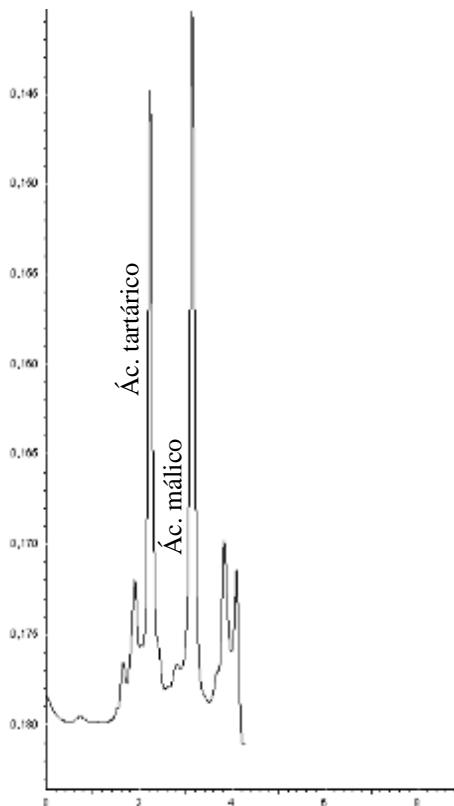
De acordo com Aron e Kennedy *et al.* (2007), os seguintes fatores são importantes no processo de extração de antocianinas: temperatura, tamanho e tipo da molécula, gradiente de concentração, permeabilidade celular, área superficial e composição do meio extrator (por

exemplo a concentração de etanol). Portanto, o cultivo sob Plástico não influenciou no aumento de antocianinas no vinho, mas sim, o processo de extração durante a elaboração do vinho.

#### **4.2.3 Extração e quantificação de ácidos orgânicos dos vinhos elaborados de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo na safra 2019/2020 por CLAE**

O tempo de retenção do ácido L-tartárico e L-málico foi de 3,3 e 2,4 min., respectivamente. O cromatograma dos ácidos málico e tartárico presentes nos vinhos elaborados é apresentado na Figura 24.

Figura 24- Cromatograma do ácido málico e tartárico presentes nos vinhos elaborados.



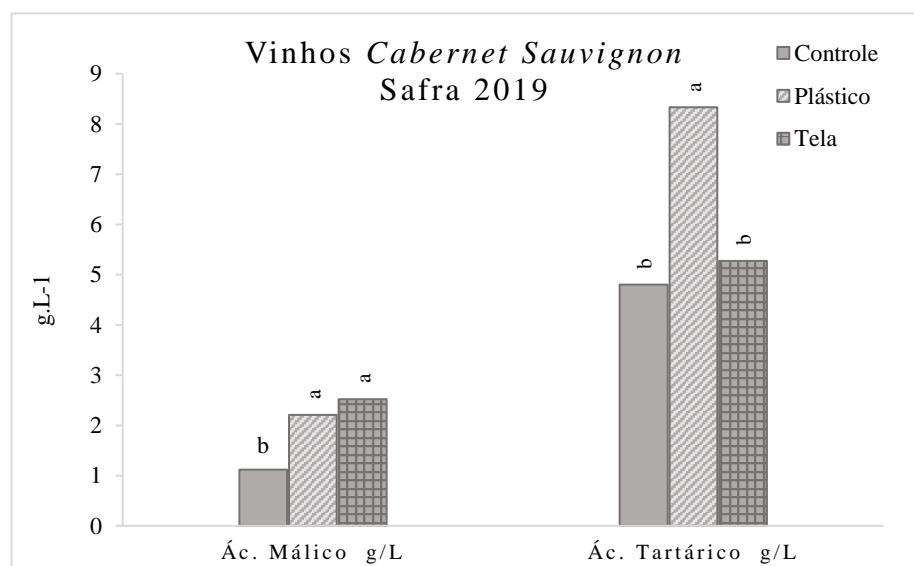
Fonte: Elaborada pela autora (2022).  
Nota: monitorado a 212 nm por CLAE/UV-Vis.

Os ácidos tartárico e málico são os principais ácidos orgânicos encontrados em uvas e vinhos, e são os responsáveis pelos baixos valores de pH destes produtos (GRIS *et al.*, 2010). A concentração destes ácidos pode variar de acordo com a variedade de uva, local de produção, estádio de maturação e técnicas de vinificação utilizadas. De acordo com os resultados apresentados na Figura 25, o teor de ácido tartárico foi significativamente maior nas amostras

dos vinhos elaborados com uvas do tratamento com cobertura com plástico PEBD ( $8,33 \text{ g L}^{-1}$ ); e a menor concentração de ácido tartárico observada nas amostras de vinho elaboradas a partir de uvas do tratamento controle ( $4,8 \text{ g L}^{-1}$ ). Enquanto para o ácido málico os valores foram menores para a amostras dos vinhos elaborado com o tratamento controle ( $1,12 \text{ g L}^{-1}$ ). Portanto, os maiores teores de ácido málico são observados nos vinhos elaborados a partir de uvas sob cultivo protegido nos tratamentos com cobertura com plástico PEBD e com cobertura de tela antigranizo ( $2,21$  e  $2,52 \text{ g L}^{-1}$ ), respectivamente.

A concentração do ácido tartárico pode estar relacionada com a sua complexação com outros compostos, como por exemplo, com potássio formando bitartarato de potássio (RIZZOLO *et al.*, 2018).

Figura 25- Teores de ácido málico e tartárico presentes nos vinhos elaborados de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.



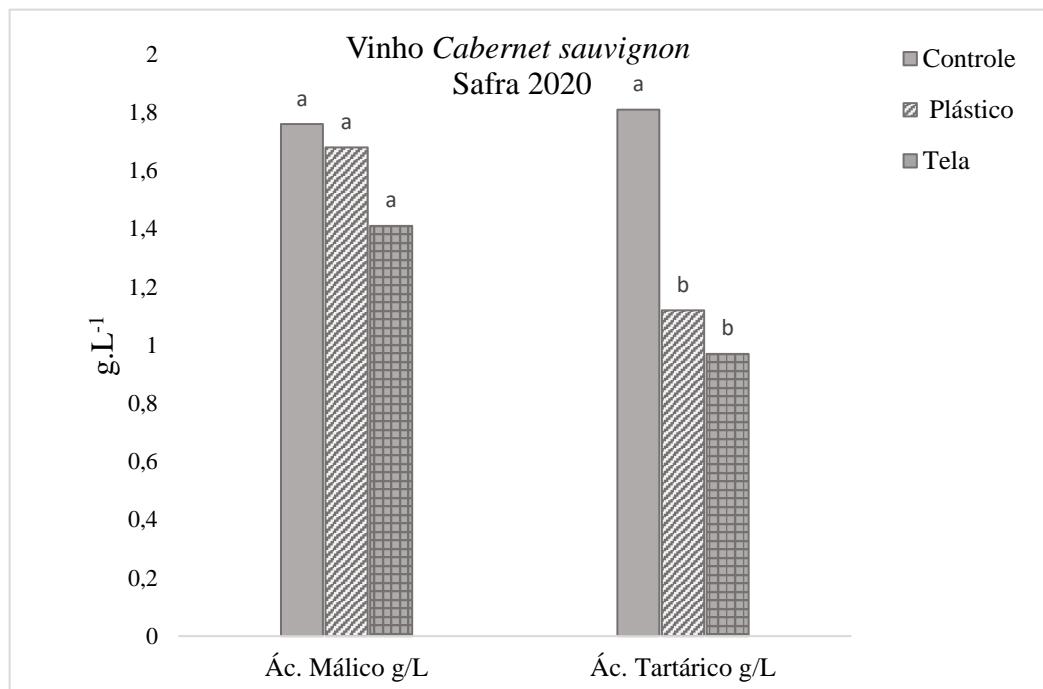
Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Médias seguidas da mesma letra em barras não diferem significativamente, (Teste de Tukey,  $p>0,05$ ).

O teor do ácido tartárico é considerado normal, embora possa variar em função da safra. O ácido málico representa aproximadamente 50% dos ácidos orgânicos do mosto da *Cabernet Sauvignon*, o qual é transformado em ácido lático na fermentação malolática.

De acordo com os resultados da safra 2020 apresentados na Figura 26, o teor de ácido tartárico foi significativamente maior no tratamento controle ( $1,81 \text{ g L}^{-1}$ ), e menor concentração nas amostras dos vinhos elaborados com uvas do tratamento com cobertura com plástico PEBD e com cobertura de tela antigranizo ( $1,12$  e  $0,97 \text{ g L}^{-1}$ , respectivamente).

Figura 26- Teores de ácidos málico e tartárico presentes nos vinhos elaborados de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Médias seguidas da mesma letra em barras não diferem significativamente, (Teste de Tukey,  $p>0,05$ ).

O ácido tartárico em vinhos jovens confere uma acidez dura e áspera e à medida que o vinho evolui o ácido tartárico precipita na forma de tartarato de potássio e de cálcio, diminuindo a sensação áspera da acidez. A concentração de ácido tartárico em vinho está compreendida entre 2 e 5 g L<sup>-1</sup>.

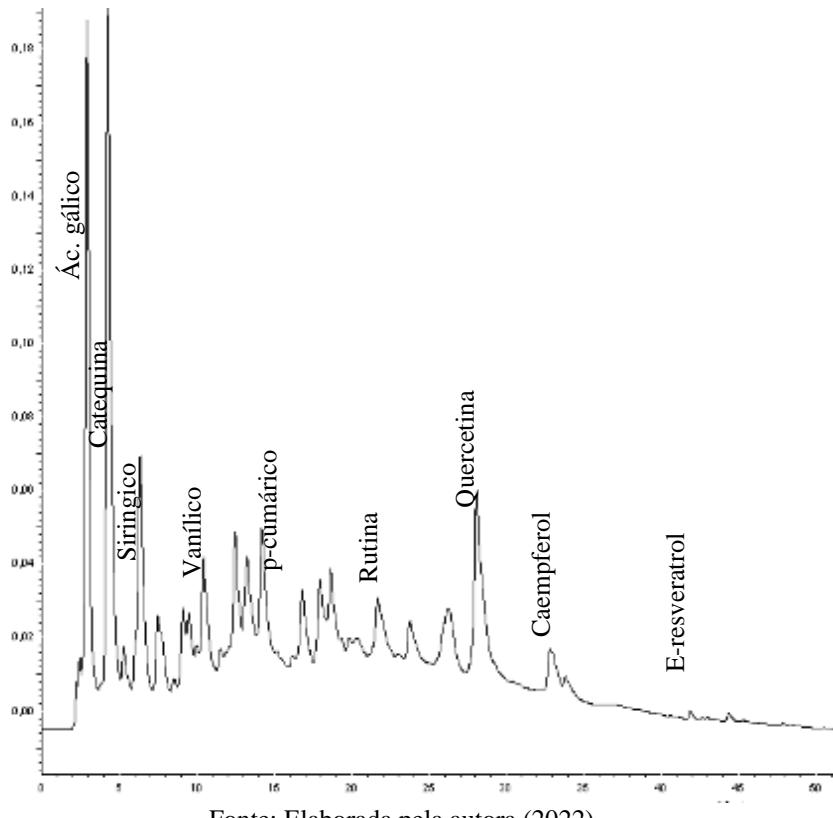
Na safra de 2020 os resultados mostraram que as concentrações de ácido málico diferiram entre os tratamentos. O ácido málico é abundante no reino vegetal e faz parte dos ácidos que compõe as uvas, sendo rapidamente metabolizado nas células vegetais. Do ponto de vista enológico a sua concentração nas uvas reflete a sua maturação e quanto mais maduras as uvas menores será a concentração desse ácido no vinho. No decorrer do processo fermentativo os teores de ácido málico diminuem, na fermentação alcoólica as leveduras metabolizam o ácido málico na biossíntese do etanol, o ácido málico residual da fermentação alcoólica sofre o processo de descarboxilação formando o ácido lático na etapa de fermentação malolática reduzindo significativamente a presença do ácido málico no vinho, altos teores de ácido málico conferem um sabor azedo ao vinho, já em concentrações de até 5 g L<sup>-1</sup> no vinho tinto esse ácido confere um sabor frutado ao vinho (MARTINEZ-GIL *et al.*, 2012).

A cobertura plástica, por interferir no microclima, pode afetar a composição dos ácidos orgânicos da uva e consequentemente nos vinhos, uma vez que o ácido málico tem sua degradação acelerada com o aumento da temperatura e o ácido tartárico é proveniente de processo fotossintético, logo necessita de incidência de luz para sua síntese (GIOVANNINI; MANFROI, 2013). Todas as amostras de vinho passaram pelo processo de fermentação malolática de forma espontânea, o que pode explicar a incompleta transformação do ácido málico em lático (JACKSON, 2001).

**4.2.4 Determinação de compostos fenólicos presentes nos vinhos elaborados de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo na safra 2019/2020 utilizando CLAE**

A partir dos compostos determinados nos cromatogramas dos vinhos da variedade *Cabernet Sauvignon* (Figura 27), foram realizadas as etapas de quantificação com base em uma curva de calibração em separado para cada composto específico.

Figura 27- Cromatograma dos compostos fenólicos nos vinhos elaborados.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Nota: compostos monitorados a 280 nm: ácido gálico, catequina, siríngico, vanílico, rutina, queracetina, miricetina, caempferol, catequina, p-cumárico. Monitorado a 306 nm por CLAE/UV-Vis.em relação a estilbenos E-resveratrol.

Os resultados do conteúdo dos estilbenos, trans-resveratrol quantificados nas amostras de vinhos são apresentados na Tabela 15, evidenciou que o tratamento controle apresentou a maior concentração ( $2,34 \text{ mg L}^{-1}$ ) diferenciando-se significativamente dos demais tratamentos.

Tabela 15- Determinação de compostos fenólicos presentes nos vinhos elaborados de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.

<b>Safra 2019</b>	<b>Vinho Cabernet Sauvignon</b>		
	<b>controle</b>	<b>plástico</b>	<b>tela</b>
<i>Estilbenos</i>			
<b>Resveratrol</b>	2,34 ± 0,11 <sup>a</sup>	2,15 ± 0,05 <sup>b</sup>	2,17 ± 0,09 <sup>b</sup>
<i>ác. hidrobenzóicos</i>			
<b>Ácido gálico</b>	52,36 ± 0,54 <sup>a</sup>	22,55 ± 2,26 <sup>c</sup>	33,56 ± 0,63 <sup>b</sup>
<b>Siringico</b>	ND	4,32 ± 0,25 <sup>a</sup>	2,85 ± 0,06 <sup>b</sup>
<b>Vanílico</b>	8,70 0,15 <sup>a</sup>	7,34 ± 0,27 <sup>b</sup>	5,23 ± 0,01 <sup>c</sup>
<b>Total</b>	61,06	34,21	41,64
<i>Flavonoides</i>			
<b>Rutina</b>	5,77 ± 0,13 <sup>b</sup>	6,69 ± 0,07 <sup>a</sup>	6,52 ± 0,02 <sup>a</sup>
<b>Campferol</b>	4,08 ± 0,19 <sup>a</sup>	2,15 ± 0,11 <sup>c</sup>	4,01 ± 0,13 <sup>b</sup>
<b>Quercetina</b>	9,64 ± 0,15 <sup>a</sup>	8,64 ± 0,12 <sup>b</sup>	7,27 ± 0,06 <sup>c</sup>
<b>Miricitina</b>	11,57 ± 0,07 <sup>b</sup>	12,48 ± 0,25 <sup>a</sup>	11,32 ± 0,08 <sup>c</sup>
<b>Total</b>	31,06	29,96	29,12
<i>Flavan-3-óis livres</i>			
<b>Catequina</b>	43,05 ± 1,64 <sup>a</sup>	34,29 ± 0,16 <sup>c</sup>	38,61 ± 2,46 <sup>b</sup>
<i>Ác. hidrobenzinâmicos</i>			
<b>p-cumárico</b>	20,31 ± 0,43 <sup>a</sup>	20,08 ± 0,28 <sup>a</sup>	19,34 ± 0,47 <sup>a</sup>

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Valores expressos em mg L<sup>-1</sup> ± desvio padrão. Médias na mesma linha com a mesma letra não diferem significativamente, (Teste de Tukey, p>0,05). \*ND: Não detectado.

Os vinhos apresentaram alto teor de catequina (Tabela 15). Observa-se que todos os tratamentos diferenciaram significativamente, e o tratamento controle obteve a maior concentração de catequina (43,05 mg L<sup>-1</sup>).

A catequina foi o principal monômero nos vinhos avaliados, apresentando as maiores concentrações em todas as amostras analisadas, contribuindo em média com 30% do total de monômeros. As maiores concentrações de catequina foram observadas nas amostras dos vinhos Controle (43,05 mg L<sup>-1</sup>).

Entre os principais flavonóis determinados em vinhos *Cabernet Sauvignon* estão a quercetina, a rutina, o caempferol, e a miricetina. O tratamento controle obteve a maior concentração total de flavonóis (31,06 mg L<sup>-1</sup>). Em relação ao teor total de ácidos hidroxibenzóicos, o tratamento controle também apresentou o maior teor (61,06 mg L<sup>-1</sup>), seguido por tratamento com cobertura com tela antigranizo (41,64 mg L<sup>-1</sup>), e do tratamento com cobertura com plástico PEBD (34,21 mg L<sup>-1</sup>). Já para os ácidos hidroxinâmicos, os vinhos apresentaram teores de p-cumárico entre 19,34 e 20,31 mg L<sup>-1</sup>, não apresentando diferença estatística entre os tratamentos.

Na safra de 2020 os resultados mostram (Tabela 16) que o conteúdo dos estilbenos, trans-resveratrol quantificados nas amostras de vinhos, o tratamento controle apresentou a maior concentração ( $2,61 \text{ mg L}^{-1}$ ) diferenciando-se significativamente dos demais tratamentos.

Tabela 16- Determinação de compostos fenólicos presentes dos vinhos elaborados de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo.

<b>Safra 2020</b>	<b>Vinho Cabernet Sauvignon</b>		
	<b>controle</b>	<b>plástico</b>	<b>tela</b>
<i>Estilbenos</i>			
<b>Resveratrol</b>	$2,61 \pm 0,11^{\text{a}}$	$2,14 \pm 0,02^{\text{b}}$	$2,109 \pm 0,09^{\text{c}}$
<i>ác. hidrobenzóicos</i>			
<b>Ácido gálico</b>	$46,24 \pm 1,07^{\text{a}}$	$39,41 \pm 0,06^{\text{b}}$	$37,21 \pm 2,12^{\text{b}}$
<b>Siringíco</b>	$4,37 \pm 0,06^{\text{a}}$	$3,11 \pm 0,070^{\text{b}}$	$3,05 \pm 0,06^{\text{b}}$
<b>Vanílico</b>	$7,15 \pm 0,11^{\text{b}}$	$5,95 \pm 0,14^{\text{c}}$	$8,52 \pm 0,09^{\text{a}}$
<b>Total</b>	<b>57,76</b>	<b>48,47</b>	<b>48,78</b>
<i>Flavonoides</i>			
<b>Caempferol</b>	$4,08 \pm 0,19^{\text{a}}$	$2,15 \pm 0,11^{\text{c}}$	$4,01 \pm 0,13^{\text{b}}$
<b>Quercetina</b>	$22,81 \pm 0,28^{\text{a}}$	$12,63 \pm 0,52^{\text{b}}$	$7,34 \pm 0,06^{\text{c}}$
<b>Miracetina</b>	$11,47 \pm 0,07^{\text{b}}$	$14,03 \pm 0,23^{\text{a}}$	$11,44 \pm 0,08^{\text{c}}$
<b>Total</b>	<b>38,36</b>	<b>28,81</b>	<b>22,79</b>
<i>Flavan-3-óis livres</i>			
<b>Catequina</b>	$65,90 \pm 3,81^{\text{a}}$	$50,18 \pm 2,79^{\text{b}}$	$45,85 \pm 2,27^{\text{b}}$
<i>Ác. hidroxinâmicos</i>			
<b>p-cumárico</b>	$20,61 \pm 0,34^{\text{a}}$	$19,40 \pm 0,30^{\text{b}}$	$18,55 \pm 0,18^{\text{c}}$

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Valores expressos em  $\text{mg L}^{-1} \pm$  desvio padrão. Médias na mesma linha com a mesma letra não diferem significativamente, (Teste de Tukey,  $p>0,05$ ).

Em relação aos ácidos hidroxibenzóicos, o ácido gálico foi o majoritário (Tabela 16), representando, em média 79% do total dos ácidos hidroxibenzóicos quantificados, com conteúdo variando entre 37,21 e 46,24  $\text{mg L}^{-1}$ . A presença de quantidades elevadas desse ácido em vinhos tintos é devido principalmente, à hidrólise de ésteres de flavonoides galatos. O conteúdo dos ácidos vanílico e siríngico variou entre 5,95 e 8,52  $\text{mg L}^{-1}$  e entre 3,05 e 4,37  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente.

Os vinhos na safra de 2020 apresentaram alto teor de catequina, (Tabela 16), verificase que o tratamento controle obteve a maior concentração de catequina ( $65,90 \text{ mg L}^{-1}$ ), diferenciando-se significativamente dos demais tratamentos. Entre os principais flavonóis determinados em vinhos *Cabernet Sauvignon* estão a quercetina, o caempferol, e a miracetina. O tratamento controle obteve a maior concentração total de flavonóis ( $38,36 \text{ mg L}^{-1}$ ). Na Tabela 16, o tratamento controle obteve aproximadamente 80% a mais do composto quercetina em relação ao tratamento com cobertura com plástico PEVD. Já para os ácidos hidroxinâmicos os

vinhos apresentaram teores de p-cumárico entre 18,35 e 20,61 mg L<sup>-1</sup> onde todos os tratamentos diferenciaram-se significativamente.

Maciel (2018) em seu estudo sobre caracterização dos vinhos *Cabernet Sauvignon* produzidos no Planalto Serrano de Santa Catarina, também encontrou teores de trans resveratrol em vinhos *Cabernet Sauvignon* que corroboram com este estudo, em que nas safras 2017 e 2018, os teores de trans resveratrol em vinhos *Cabernet Sauvignon* encontrados foram 1,61 mg L<sup>-1</sup> e 2,39 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

Souto *et al.* (2001), ao pesquisar trans-resveratrol em vinhos comerciais produzidos no Sul do Brasil, encontraram para variedade *Cabernet Sauvignon* de diferentes safras, concentrações variando entre 0,32 e 3,57 mg L<sup>-1</sup>. Gris *et al.* (2010), em seus estudos sobre perfil fenólico e atividades antioxidante e hipolipemiante de vinhos de variedades *Vitis vinifera* cultivadas em São Joaquim - SC – Brasil, mostraram que os teores de trans resveratrol variaram entre 2,10 e 7,44 mg L<sup>-1</sup>.

Vanderlinde *et al.* (2016) avaliaram a composição química das uvas *Cabernet Sauvignon* e Merlot sob cobertura plástica em Santa Catarina, observaram que em uvas *Cabernet Sauvignon* descobertas os teores de resveratrol, foram mais elevados, porém em uvas Merlot, o conteúdo de resveratrol, ao contrário, foi mais elevado em plantas cobertas.

O resveratrol pertence a um conjunto de compostos denominados fitoalexinas, que são sintetizadas pelas plantas em defesa de alguns estímulos exógenos, como radiação ultravioleta, substâncias químicas e infecções por microrganismos (DETTONI *et al.*, 2007), visto que a cobertura plástica apresenta proteção UV e que portanto, plantas a céu aberto recebem maiores radiações ultravioleta, assim como também ficam mais expostas a doenças fúngicas, pois o ataque das videiras por fungos (*Botrytis cinerea*), desencadeia uma resposta de defesa na planta, que está relacionada ao aumento da síntese dos compostos fenólicos.

Nesse estudo não foi quantificado o teor de resveratrol em uva, somente no vinho. Porém observa-se que os vinhos elaborados com uvas descobertas apresentaram o maior teor de resveratrol. Acredita-se que tal situação ocorreu porque o resveratrol é um composto fenólico com maior relação com a radiação.

Em uvas, e consequentemente em vinhos, a catequina é um dos principais monômeros de flavan-3-óis, sendo o composto mais abundante (LAGO-VANZELA *et al.*, 2015). As proantocianidinas estão associadas à adstringência dos vinhos, sobretudo as procianidinas. Esses compostos podem ainda influenciar a cor de vinhos, devido à sua associação com as antocianinas durante a maturação dos vinhos (LAGO-VANZELA *et al.*, 2015).

A catequina um dos principais monômeros foi determinada, resultados que estão de acordo com a literatura, uma vez que esse é um dos principais flavan-3-óis monômeros de cascas e sementes de uvas (GRIS *et al.*, 2010) e consequentemente de vinhos (SUN *et al.*, 1999). Simon (2014) analisou vinhos de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em Campo Belo do Sul e em São Joaquim. Na região de Campo Belo do Sul, encontrou valores médios de 25,1 mg L<sup>-1</sup> de catequina; e em São Joaquim encontrou 23,4 mg L<sup>-1</sup>.

Panceri *et al.* (2015) estudaram o efeito da desidratação da uva sob condições controladas na composição química e nas características sensoriais dos vinhos *Cabernet Sauvignon* localizadas no município de Tangará-SC e o resultado médio de catequina alcançado das amostras de vinhos foi 17,82 mg L<sup>-1</sup>, valor inferior ao que foi encontrado neste estudo.

A catequina é uma substância essencial, que contribui com a atividade antioxidante, com a liberação de antocianidinas nas quais são responsáveis por conferir a coloração dos vinhos tintos. Como ocorre a etapa de maceração no processamento destes produtos, tem-se uma extração satisfatória destes compostos (SUN *et al.*, 1999).

Simon (2014), em seus estudos sobre comportamento viti-enológico da variedade *Cabernet Sauvignon* (*Vitis vinifera* L.) em diferentes altitudes no Sul do Brasil, encontrou valores médios de 3,4 mg L<sup>-1</sup> de quercetina nos vinhos oriundos de Campo Belo do Sul; e 18,4 mg L<sup>-1</sup> nos vinhos de São Joaquim. Já para o composto miricetina a média obtida foi de 10,3 mg L<sup>-1</sup> para os vinhos de Campo Belo do Sul; e 14,3 mg L<sup>-1</sup> para os vinhos de São Joaquim. E, referentes ao campferol quantificou 1,7 mg L<sup>-1</sup> nos vinhos de Campo Belo do Sul e 1,5 mg L<sup>-1</sup> nos vinhos de São Joaquim.

Panceri *et al.* (2015), avaliando vinhos *Cabernet Sauvignon* oriundos do município de Tangará-SC, obtiveram as médias de 12,55 mg L<sup>-1</sup> de quercetina; 5,56 mg L<sup>-1</sup> de miricetina e 1,91 mg L<sup>-1</sup> de campferol.

Alguns trabalhos demonstram que o conteúdo de flavonóis é dependente da exposição ao sol das uvas, da fertilização nitrogenada, do estado hídrico da planta e da variedade. Embora seja uma família minoritária nas uvas, os flavonóis podem ter um papel importante na evolução da cor dos vinhos tintos através de processos de co-pigmentação com as antocianinas (BOULTON, 2001; ZAFRILLA *et al.*, 2003).

#### **4.2.5 Perfil de compostos voláteis presentes nos vinhos elaborados de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo na safra 2019/2020**

Os compostos voláteis assumem um importante papel na qualidade geral do produto final, estes compostos são divididos em três classes:

1<sup>a</sup>) compostos aromáticos primários, que são derivados da uva.

2<sup>a</sup>) Compostos secundários, que são provenientes da fermentação alcoólica e malolática, e constituem uma larga gama de compostos.

3<sup>a</sup>) Compostos terciários, são aqueles formados durante a maturação e envelhecimento do vinho, contribuindo com a complexidade, sendo maior responsável os ésteres (FALCÃO *et al.*, 2007).

Dentre os compostos identificados nos vinhos elaborados destacou-se: etanol, 3-metil-1-butanol, 1-hexanol, 2-etylhexanol, 2- feniletanol, acetato de etila, acetato de isoamila, hexanoato de etila, octanoato de etila, β-acetato de fenetila, ácido caprílico, 2-metil-1-butanol, succinato de dietila, decanoato de etila, etilisopentil succinato.

Dentre esses, os compostos etanol, 3-metil-1-butanol, 1-hexanol, 2-etylhexanol, acetato de etila e β-Damascenona foram encontrados naturalmente nas uvas *Cabernet Sauvignon*, que são importantes para o aroma dos vinhos, enquanto os demais compostos foram obtidos a partir do processo de fermentação.

Nos vinhos foram detectados 30 compostos voláteis (Tabela 17). Destes, 23 foram identificados com base em seus espectros de massas e índices de retenção linear em coluna apolar (Elite 5MS); seis foram identificados com base apenas em seus espectros de massas e um composto não pode ser identificado. A Tabela 17 apresenta os compostos voláteis identificados, os seus respectivos índices de retenção, seus percentuais de área relativa no cromatograma e a qualidade de seus aromas como relatado na literatura científica.

Tabela 17- Compostos voláteis identificados nos vinhos elaborados de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo, agrupados de acordo com a classe química, com seus respectivos índices de retenção linear encontrados experimentalmente (IR exp.) e na literatura (IR lit.), % de área relativa (% Área) e Abundância no cromatograma, e descrição do aroma conforme consta na literatura.

(continua)

Nº	Compostos	IR Exp.	IR. Lit.	Vinho <i>Cabernet Sauvignon</i> safra 2019 (Área%)			Descriptor de aroma <sup>b</sup>
				controle	plástico	tela	
<b>Álcoois</b>							
1	Etanol	NC	442	27,39 ± 5,01	41,09 ± 9,30	36,26 ± 6,58	doce
2	1-Propanol	NC	532	0,24 ± 0,22	0,07 ± 0,02	0,13 ± 0,07	álcool, pungente
3	Isobutanol	NC	622	0,96 ± 0,15	0,59 ± 0,22	0,90 ± 0,07	vinho, solvente, amargo
4	3-metil-1-butanol	NC	740	18,14 ± 3,67	8,28 ± 3,66	21,91 ± 4,06	uísque, malte, queimado
5	3-Metil-1-pentanol	837	843	ND	0,07 ± 0,02	0,06 ± 0,05	uísque, malte, queimado
6	1-Hexanol	867	772	1,12 ± 0,09	ND	0,60 ± 0,54	resina, florado, herbáceo
7	1-Heptanol	974	974	0,16 ± 0,02	ND	ND	químico, herbáceo
8	2-Etilhexanol	1033	1042	1,33 ± 0,58	1,08 ± 0,27	1,49 ± 0,19	rosas, herbáceo
9	1-Octanol	1074	1074	0,11 ± 0,03	0,05 ± 0,02	0,10 ± 0,04	musgo, noz, cogumelo
10	2-Feniletanol	1120	1120	21,89 ± 6,13	14,57 ± 3,09	9,26 ± 1,42	rosas, mel, pungente
11	1-Nonanol	1184	1186	0,07 ± 0,02	ND	ND	gordura, herbáceo
<b>Ésteres</b>							
12	Acetato de etila	NC	605	15,63 ± 6,85	7,99 ± 2,70	7,73 ± 0,88	abacaxi
13	Butanoato de etila	NC	805	0,19 ± 0,01	0,15 ± 0,07	0,16 ± 0,07	abacaxi, frutado
14	Acetato de Isoamila	872	876	0,56 ± 0,15	8,73 ± 3,23	4,46 ± 0,55	banana
15	Acetato de 2-metilbutila	874	874	ND	0,42 ± 0,19	0,32 ± 0,04	frutado
16	Hexanoato de etila	1002	1010	1,24 ± 0,06	1,36 ± 0,61	1,46 ± 0,37	casca de maçã, frutado

<b>Vinho Cabernet Sauvignon safra 2019 (Área%)</b>							
<b>Nº</b>	<b>Compostos</b>	<b>IR Exp.</b>	<b>IR. Lit.</b>	<b>controle</b>	<b>plástico</b>	<b>tela</b>	<b>Descriptor de aroma<sup>b</sup></b>
17	Acetato de hexila	1015	1014	ND	0,09 ± 0,05 <sup>b</sup>	ND	frutado, herbáceo
18	Succinato de dietila	1191	1198	3,79 ± 1,41	4,98 ± 2,32	3,75 ± 1,06	vinho, frutado
19	Octanoato de etila	1201	1215	2,92 ± 0,49	2,18 ± 0,55	4,76 ± 0,28	frutado, herbáceo
20	Acetato de β- fenetila	1261	1264	0,15 ± 0,03	4,33 ± 2,34	1,38 ± 0,49	rosas, mel, tabaco
21	9-Decenoato de etila	1386	1390	0,42 ± 0,22	0,17 ± 0,17	ND	
22	Decanoato de etila	1394	1383	0,04 ± 0,01	0,76 ± 0,32	0,18 ± 0,07	uva
23	Succinato de etil isopentil	1416	1436	0,78 ± 0,09	0,30 ± 0,10	0,14 ± 0,13	coco, doce, fruta
24	laurato de etila	1687	1603	0,18 ± 0,04	0,03 ± 0,02	0,31 ± 0,12	folha
<b>Terpeno</b>							
25	β-Citronelol	1234	1234	0,02 ± 0,03	ND	ND	rosas
<b>Ácido</b>							
26	Ácido decanoico	1208	1226	0,13 ± 0,08	0,01 ± 0,02	ND	ranço, gordura
27	Ácido octanóico	1221	1226	0,46 ± 0,17	1,21 ± 1,30	0,71 ± 0,20	suor, queijo
<b>C<sub>13</sub>-norisoprenóides</b>							
28	β-Damascenona	1381	1385	ND	0,08 ± 0,03	ND	maçã, mel, rosas
<b>Outros</b>							
29	2,4-Di-terc-butilfenol	1538	1539	0,02 ± 0,04	ND	ND	

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Nota: Tela (vinho elaborado de uva produzida em sistema de cultivo protegido com tela antigranizo); Plástico (vinho elaborado de uva produzida em sistema de cultivo protegido com plástico); Controle (vinho elaborado de uva produzida sem sistema de cultivo protegido). Números sobreescritos na coluna IR Exp. representa o nº de amostras de tratamentos avaliados. NC: Não calculado; X.: Não detectado.

<sup>b</sup>ACREE, T. E.; ARN, H. Flavornet. Ano 2020. Disponível em: <<http://www.flavornet.org/flavornet.html>>. Acesso em: jun. 2020.

NIST. National Institute of Standards and Technology. Mass Spectral Search Program for the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library, version 2.0. 2014.

Na Tabela 17, os vinhos apresentam maior área nas classes químicas de álcoois e ésteres, e os álcoois são a classe majoritária. Verifica-se que a maior área de etanol foi para o tratamento com cobertura com plástico PEBD, e a menor para o tratamento controle. Já para os álcoois alinfáticos, a maior área foi para o tratamento com cobertura com tela antigranizo, seguido do tratamento controle.

O composto 2-feniletanol foi identificado em todas as amostras de vinhos, e seus valores foram relativamente altos em comparação aos demais compostos encontrados nesse trabalho, sendo que, para os vinhos da variedade *Cabernet Sauvignon* foram observados valores de 21,89% para o tratamento controle, 14,57% para o tratamento com cobertura com plástico PEBD, e 9,26 % para tratamento com cobertura com tela antifranizo; a presença deste composto é muito positiva para o aroma do vinho, pois ele contribui com nuances florais, especialmente de rosa, com o tempo ele oxida e muda para um aroma semelhante a mel.

Com relação à qualidade dos compostos, os vinhos do tratamento com cobertura com plástico PEBD (Tabela 17), obteve uma maior área% de ésteres (31,51%), os quais contribuem com as notas aromáticas “frutais” e “doce”. Os vinhos do tratamento controle apresentam compostos aromáticos que contribuem com notas mais frutadas, floral e herbáceos. Já os vinhos elaborados com uvas cultivadas sob cobertura com tela antigranizo apresentaram uma área de 24,65% para a classe de ésteres, e os compostos aromáticos apresentam notas mais herbáceas, pungente e de solvente, e menores notas de frutados e floral.

Nos vinhos da safra 2020 foram detectados 24 compostos voláteis (Tabela 18), sendo que todos os 24 compostos foram identificados com base em seus espectros de massas e índices de retenção linear em coluna apolar (Elite 5MS); seis foram identificados com base apenas em seus espectros de massas. A Tabela 18 apresenta os compostos voláteis identificados, os seus respectivos índices de retenção, seus percentuais de área relativa no cromatograma e a qualidade de seus aromas como relatado na literatura científica.

Na Tabela 18, os vinhos da safra 2020 seguem a mesma tendência da safra de 2019, onde apresentam maior área nas classes químicas de ésteres e álcoois, sendo majoritários a classe de álcoois para os tratamentos controle (55,59%) e tratamento com cobertura com tela antigranizo (50,58%). Pode-se destacar que o tratamento com cobertura com plástico PEBD possuí a maior % de área na classe dos ésteres (49,08%).

Tabela 18- Compostos voláteis identificados nos vinhos elaborados de uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas em vinhedo sem cobertura, vinhedo com cobertura com plástico de polietileno de baixa densidade e tela antigranizo, agrupados de acordo com a classe química, com seus respectivos índices de retenção linear encontrados experimentalmente (IR exp.) e na literatura (IR lit.), % de área relativa (% Área) e abundância no cromatograma, e descrição do aroma conforme consta na literatura.

(continua)

Nº	Compostos	Vinho <i>Cabernet Sauvignon</i> safra 2020 (Área%)					Descriptor de aroma <sup>b</sup>
		IR Exp.	IR Lit.	Controle	Plástico	Tela	
<b>Álcoois</b>							
1	Etanol	NC	442	8,65 ± 9,95	5,47 ± 4,08	5,95 ± 3,39	doce
2	Isobutanol	NC	622	1,84 ± 0,79	3,53 ± 0,99	1,59 ± 0,41	vinho, solvente, amargo
3	3-metil-1-butanol	NC	740	6,21 ± 4,78	15,69 ± 6,32	13,63 ± 3,45	uísque, malte, queimado
4	1-Hexanol	868	867	2,38 ± 0,87	X	3,25 ± 0,46	resina, florado, herbáceo
5	2-Etil hexanol	1033	1042	3,32 ± 1,66	5,31 ± 0,64	6,24 ± 0,78	rosas, herbáceo
6	2-Feniletanol	1124	1120	33,19 ± 26,02	13,03 ± 8,77	19,92 ± 12,19	rosas, mel, pungente
<b>Ésteres</b>							
7	Acetato de etila	NC	605	8,66 ± 2,94	10,28 ± 3,20	5,38 ± 1,58	abacaxi
8	Butanoato de etila	NC	805	0,92 ± 0,20	1,22 ± 0,23	X	abacaxi, frutado
9	Acetato de isoamila	872	876	6,98 ± 2,54	11,19 ± 1,88	7,86 ± 0,76	banana
10	Acetato de 2-metilbutila	874	874	0,41 ± 0,38	0,95 ± 0,13	0,53 ± 0,47	frutado
11	Hexanoato de etila	1002	1002	3,02 ± 1,53	5,40 ± 0,84	5,02 ± 0,80	casca de maçã, frutado
12	Acetato de hexila	1015	1014	X	0,31 ± 0,03	X	frutado, herbáceo
13	Succinato de dietila	1190	1198	5,22 ± 1,32	8,11 ± 1,55	12,09 ± 8,70	vinho, frutado
14	Octanoato de etila	1200	1215	4,53 ± 1,94	5,30 ± 2,31	6,69 ± 0,30	frutado, gorduroso
15	Acetato de β- fenetila	1259	1264	3,50 ± 1,23	4,89 ± 1,07	3,58 ± 0,74	coco, doce, fruta
16	Decanoato de etila	1393	1383	0,73, 070	1,41 ± 0,09	1,36 ± 0,28	uva
17	Succinato de etil isopentil	1426	1432	X	X	1,17 ± 0,54	coco, doce, fruta

Nº	Compostos	IR Exp.	IR Lit.	Vinho Cabernet Sauvignon safra 2020 (Área%)			Descriptor de aroma <sup>b</sup>
				Controle	Plástico	Tela	
<b>Ácidos</b>							
18	Ácido acético	NC	602	0,44 ± 0,41	X	X	azedo
19	Ácido hexanóico	1015	1013	0,04 ± 0,01	1,17 ± 0,11	0,60 ± 0,52	suave, gorduroso
20	Ácido octanóico	1215	1226	3,74 ± 0,55	4,04 ± 0,58	3,71 ± 0,72	suor, queijo
21	Ácido decanoico	1381	1382	0,74 ± 0,55	1,04 ± 0,87	0,80 ± 0,49	rancidez, gorduroso
<b>Aldeídos</b>							
22	Benzaldeído	958	958	X	X	0,62 ± 0,28	amêndoа, açúcar queimado
<b>Outros</b>							
23	Phenol, 4-ethyl-	1182	1178	1,06 ± 1,00	X	X	
24	Phenol, 2,4-di-tert-butyl	1542	1525	1,76 ± 0,55	1,64 ± 0,15	X	

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Nota: Tela (vinho elaborado de uva produzida em sistema de cultivo protegido com tela antigranizo); Plástico (vinho elaborado de uva produzida em sistema de cultivo protegido com plástico); Controle (vinho elaborado de uva produzida sem sistema de cultivo protegido). Números sobreescritos na coluna IR Exp. representa o nº de amostras de tratamentos avaliados. NC: Não calculado; X.: Não detectado.

<sup>b</sup>ACREE, T. E.; ARN, H. Flavornet. Ano 2020. Disponível em: <<http://www.flavornet.org/flavornet.html>>. Acesso em: jun. 2020.

NIST. National Institute of Standards and Technology. Mass Spectral Search Program for the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library, version 2.0. 2014.

Verifica-se a presença predominante de ésteres no vinho do tratamento com cobertura com plástico PEBD, o que evidencia o vinho mais aromático, onde os ésteres mais abundantes foram acetato de etila, acetato de isoamila, succinato de dietila, octanoato de etila, acetato de  $\beta$ -fenetila. Os compostos ésteres são bem conhecidos pela sua contribuição para o aroma frutado dos vinhos e, neste trabalho, foram responsáveis pelas áreas de picos cromatográficos mais elevados. Os ésteres acetatos, são produzidos pela condensação de um álcool superior e um Acetyl-CoA, catalisada pela enzima acetil-transferase (SUMBY *et al.*, 2010). Já os ésteres etílicos são provenientes da reação do etanol com uma acil-CoA, catabolisada pela enzima etanol-O-acil sintase (SAERENS *et al.*, 2008).

O acetato de etila e isoamila apresenta as maiores % de área nos três tratamentos (Tabela 18); a presença destes compostos possui uma relação estreita com as condições de fermentação, onde a maioria dos ésteres do vinho são produzidos pelas leveduras durante a fermentação alcoólica, porém os ésteres também podem ser derivados da uva e da esterificação química de álcoois e ácidos durante o envelhecimento do vinho (FALCÃO *et al.*, 2008).

Quanto maior a concentração de etanol no vinho, o mesmo é descrito como frutado. Os álcoois alifáticos (hexanol, proponol, Isobutanol, 3-metil-butanol) são identificados por um odor forte e sabor pungente, que pode ter efeito significativo sobre a qualidade sensorial e caráter do vinho.

Entre os álcoois, excluindo o etanol, os mais abundantes foram: 3-metil-1-butanol, 2-feniletanol, 2-etil hexanol e 1-hexanol, apenas o 1-hexanol não foi detectado no tratamento com cobertura com plástico PEBD. Esses compostos podem ter impactos positivos e negativos no aroma. O 1-hexanol, por exemplo, geralmente é um constituinte menor, mas seus odores herbáceos e gordurosos têm sido relacionados a efeitos deletérios nos vinhos, embora os consumidores possam apreciar uma pequena percepção herbácea em alguns vinhos. O 2-feniletanol contribui para um aroma positivo de rosa (floral), e esse composto foi considerado majoritário nesse estudo. O 2-Feniletanol também pode estar presente nas uvas, mas é em grande parte produzido durante a fermentação pela levedura do vinho (WELKE *et al.*, 2012a). Outra contribuição significativa para o aroma do vinho vem dos ácidos. O ácido acético, que é um subproduto da fermentação, foi encontrado apenas no tratamento controle, a presença deste ácido específico é responsável por conferir um caráter de vinagre ao vinho. Outros ácidos identificados nas amostras foram hexanóico, octanóico e decanoico, que também conferem um efeito negativo ao aroma geral do vinho. O ácido não octanóico confere um efeito ruim ao aroma geral do vinho, contribuindo com um odor de queijo (DENNIS *et al.*, 2012).

Muitos vinhos de *Cabernet Sauvignon* apresentam em seus compostos pirazinas, são caracterizados como aroma herbáceo, destacando-se a nota de pimentão verde, e são considerados *off-flavor* (defeito aromático), pois mascara o aroma de outras notas agradáveis e sobretudo os frutados. A presença de pirazinas estão ligadas a elaboração de vinhos com uvas imaturas (RIZZON e MIELLE, 2002). Não foi detectado presença de pirazinas nos vinhos elaborados nesse estudo.

## 5 CONCLUSÃO

A caracterização da uva safra de 2018/2019 evidenciou que o tratamento com cobertura com plástico PEBD proporcionou maior concentração dos SST em relação aos demais tratamentos. Em relação aos compostos bioativos e atividade antioxidante, as uvas dos tratamentos do cultivo protegido obtiveram a maior concentração de compostos bioativos e atividade antioxidante.

Na caracterização das uvas *Cabernet Sauvignon* da safra 2019/2020, verificou-se que o teor de SST no tratamento com cobertura plástica PEBD apresentou a menor concentração. Verificou que a safra de 2020 produziu uvas com menores teores de acidez e maiores teores de SST e pH. As análises para compostos bioativos e atividade antioxidante nas uvas dessa safra, evidenciaram que tratamento controle obteve o maior teor de bioativos, e apresentou a maior atividade antioxidante.

Na quantificação dos compostos fenólicos das uvas na safra 2018/2019 por HPLC, verifica-se o elevado teor de flavonoides, especialmente quercetina, onde o tratamento controle obteve a maior concentração total de flavonoides e teor total de ácidos hidroxibenzóicos. Já para os ácidos hidroxinâmicos o tratamento com cobertura com tela antigranizo obteve a maior concentração e, no tratamento com cobertura com plástico PEBD este composto não foi detectado. Portanto, os resultados obtidos demonstram que o cultivo protegido reduz o metabolismo secundário na casca de uvas, e que o fato de cobrir a planta está interferindo na rota de biossíntese, pois a somatória dos compostos fenólicos e flavonoides dos tratamentos com cobertura com tela antigranizo, e no tratamento com cobertura com plástico PEBD foram inferiores ao tratamento controle.

O perfil de compostos voláteis das uvas apresentou maior área nas classes químicas de aldeídos e álcoois. O tratamento com cobertura com plástico PEBD apresentou menor % de área de etanol. As uvas *Cabernet Sauvignon* cultivadas sob cobertura plástica PEBD e o tratamento controle apresentaram notas de aromas frutados, floral e herbáceos, enquanto as uvas do tratamento sob cobertura com tela antigranizo apresentou notas de aroma herbáceos e pungente. As uvas da safra 2019/2020 seguem a mesma tendência da safra de 2018/2019, onde apresentam maior área nas classes químicas de aldeídos e álcoois.

Os resultados das análises físico-químicas dos vinhos elaborados nas safras de 2019 e 2020, de cada tratamento, evidenciaram que os vinhos produzidos estão de acordo com a Lei nº 7.678, de 1988 e a Instrução Normativa nº 14, de 08 de fevereiro de 2018, com graduação

alcoólica de 8,6 a 14% em volume. Quanto ao teor de açúcares redutores, calculado em g L<sup>-1</sup>, os vinhos elaborados podem ser designados de “Seco”. Conclui-se que a maturação das uvas na safra 2019/2020 contribuiu para o aumento do teor alcoólico dos vinhos, que ficaram em torno de 13% vol.

As análises para compostos bioativos e atividade antioxidante nos vinhos da safra 2019 e 2020, evidenciaram que tratamento controle obteve o maior teor de bioativos e maior atividade antioxidante. As análises de antocianinas evidenciaram que todos os tratamentos avaliados na safra 2020 originaram vinhos com teores bastante elevados de antocianinas, apenas o tratamento controle obteve a menor concentração de antocianina. O fato de o tratamento controle apresentar a maior concentração de antocianinas nas uvas, e menor concentração nos vinhos, é devido a diferença de extratibilidade de antocianinas entre uvas, e pode ser explicada pela diferença no conteúdo de pectina e celulose das células, bem como de alguns polissacarídeos.

Em relação aos compostos fenólicos, os vinhos elaborados com uvas descobertas apresentaram o maior teor de resveratrol em ambas as safras. Os vinhos na safra de 2020 apresentaram o mesmo comportamento da safra de 2019, onde evidenciaram alto teor de catequina, sendo que o tratamento controle obteve a maior concentração. Em relação aos ácidos hidroxibenzóicos, o ácido gálico foi o majoritário, representando, em média 79% do total dos ácidos hidroxibenzóicos quantificados.

Entre os principais flavonóis determinados em vinhos *Cabernet Sauvignon* estão a quer cetina, o caempferol, e a miricetina. O tratamento controle obteve aproximadamente 80% a mais do composto quer cetina em relação ao tratamento com cobertura com plástico PEBD. Com relação à qualidade dos compostos, os vinhos do tratamento com cobertura com plástico PEBD apresentaram maior área % de ésteres, os quais contribuem com as notas aromáticas “frutais” e “doce”. Os vinhos do tratamento controle apresentam compostos aromáticos que contribuem com notas frutadas, floral e herbáceos. Já os vinhos elaborados com uvas cultivadas sob cobertura com tela antigranizo obtiveram compostos aromáticos que apresentam notas mais herbáceas, pungente e de solvente, e menores notas de frutados e floral. Não foi detectado presença de pirazinas nos vinhos elaborados nesse estudo. Os vinhos da safra 2020 mostram a presença predominante de ésteres no vinho do tratamento com cobertura com plástico PEBD, o que evidencia o vinho mais aromático.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Avaliando ambas as safras, conclui-se que o cultivo protegido na Região de Altitude, se faz necessário, primeiro pela necessidade do controle de adversidades climáticas como chuvas, geadas, ventos, granizo, insolação excessiva nos cachos e frio intenso, sendo a utilização de coberturas uma opção, principalmente, para evitar o excesso de precipitação durante a maturação das uvas. Verifica-se que o cultivo protegido nas uvas *Cabernet Sauvignon* influencia principalmente na concentração dos compostos fenólicos, atividade antioxidante e compostos voláteis.

De uma maneira geral, é possível afirmar que o cultivo protegido não influencia de maneira negativa nos vinhos, e avaliando ambas as safras, concluir que o cultivo protegido na Região de Altitude, é uma ótima opção pelo incremento de qualidade, principalmente na maturação das uvas produzidas sob a cobertura plástica.

Conclui-se que nesse trabalho o cultivo protegido influencia principalmente na concentração dos compostos fenólicos e atividade antioxidante das uvas, e esses influenciaram nos compostos fenólicos e voláteis do vinho, isso deve-se à interferência que a cobertura exerce sobre este processo fisiológico, estendendo o período de maturação a partir da mudança de cor das bagas até a colheita, possivelmente pela diminuição da radiação solar e aumento da temperatura. Essa influência na redução dos compostos fenólicos e voláteis, pode ser mitigada com a necessidade de atrasar a data de colheita das uvas cultivadas sob cobertura plástica, a fim de propiciar a máxima maturação fisiológica e tecnológica dos frutos. Este procedimento é possível neste sistema de cultivo devido à garantia fitossanitária que a cobertura plástica propicia para o vinhedo.

É possível concluir que o tratamento utilizando a cobertura com plástico PEBD provoca alterações microclimáticas significativas nos parâmetros de incidência de luz solar, provocando uma menor incidência de radiação UV e uma elevação das temperaturas médias e máximas no vinhedo. Além disso, a barreira física oferecida pela cobertura causa uma redução significativa da velocidade dos ventos. A cobertura plástica PEBD também reduz o contato direto da água das chuvas com as folhas e os frutos, resultando em um menor período de molhamento foliar, e reduzindo assim a incidência de doenças, enquanto o cultivo convencional requerem manejo fitossanitário com diversas aplicações de fungicidas.

Desse modo, há a necessidade de reavaliar as aplicações de fungicidas no cultivo protegido, pois o manejo não deve ser o mesmo utilizado no cultivo convencional. Observamos

nesse estudo que durante a inoculação dos mostos, nas safras 2019 e 2020, ocorreram paradas da fermentação dos tratamentos utilizando tela antigranizo e no tratamento com cobertura plástica PEBD; onde ocorreu autólise das leveduras após 48 h e 72 h da inoculação. Essas paradas possivelmente ocorreram por resíduos de produtos fungicidas aplicados nas uvas, onde foi relatado que as aplicações eram iguais para os tratamentos controle, onde foram realizadas em média 15 aplicações durante o período do manejo fitossanitário.

O prolongamento da atividade/resíduo dos produtos está, possivelmente, relacionado a dois fatores originados pela alteração do microclima devido ao uso de cobertura plástica: a restrição de molhamento e de radiação solar. A chuva tem um efeito direto na lixiviação do produto aplicado e, se esta não ocorre, principalmente lavando os cachos e folhas, o efeito residual é prolongado. Outro aspecto que merece cautela é o uso de fungicidas, pois destaca-se que, pela redução de radiação ultravioleta e ausência de chuvas sobre os cachos, devido ao uso da cobertura plástica, o período residual dos fungicidas é prolongado.

## REFERÊNCIAS

- ACREE, T. E.; ARN, H. Flavornet – Gas chromatography-olfactometry (CG-O) of natural products. **New York State Agricultural Experiment Station**. Cornell (EUA): Cornell University. Ano 2004. Disponível em: <<http://www.flavornet.org/>>. Acesso em: out. 2020.
- AHN, M.R, KUMAZAWA, S., USUI, Y., NAKAMURA, J., Antioxidant activity and constituents of propolis collected in various areas of China. **Food chemistry** 101 1383-1392, 2007.
- ALLEBRANDT, R.; MOREIRA, M. A.; FILHO, J. L. M.; WÜRZ, D. A.; BEM, B. P.; RUFATO, L.; CANOSSA, A. T. Efeito do porta-enxerto sobre a concentração de compostos fenólicos em vinhos Cabernet Sauvignon e Merlot. **Rev. Ciênc. Agrovet.**, Lages, SC, Brasil (ISSN 2238-1171). 2020.
- ALVES, M. E. B.; ZANUS, M. C.; TONIETTO, J. Condições meteorológicas e sua influência na safra vitícola de 2019 em regiões produtoras de vinhos finos do Sul do Brasil. Bento Gonçalves: **Embrapa Uva e Vinho**, 25 p. (Documentos, 111), 2019.
- ARON, P. M.; KENNEDY, J. A. Compositional investigation of phenolic polymers isolated from *Vitis vinifera* L. Cv. Pinot Noir during fermentation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 14, p. 5670-80, 2007.
- AZNAR, M.; ARROYO, T. Analysis of wine volatile profile by purge-and-trap–gas chromatography–mass spectrometry: Application to the analysis of red and white wines from different Spanish regions. **J. Chromatogr.** V.1165, 151. 2007.
- BERGQVIST, J.; DOKOOZLIAN, N.; EBISUDA, N. Sunlight exposure and temperature effects on berrygrowth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the San Joaquin Valley of California. **American Jornal of Enology and Viticulture**, v52, p.1-7. 2001.
- BRAGA, H.J.; GHELLERE, R. Proposta de diferenciação climática para o Estado de Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 11 e Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia, 2. Florianópolis, SC. **Anais** [...], Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia SBA, 1999.
- BRASIL. Congresso nacional. **Lei n. 7.678 de 8 de novembro de 1988**. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 nov. 1988. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/Leis/Ant2001/lei767888.htm>>. Acesso em: 15 maio. 2013.
- CARDOSO, L.S.; BERGAMASCHI, H.; COMIRAM, F.; CHAVARRIA, G.; MARODIN, G.A.B.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H.P.; MANDELLI, F. Alterações micrometeorológicas em vinhedos pelo uso de coberturas de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.441-447, 2008.

CHAVARRIA, G.; CARDOSO, L. S.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, H. P. dos; MANDELLI, F.; MARODIN, G. A. B. Microclima de vinhedos sob cultivo protegido. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.1, p.1-6, 2009.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. dos; SÔNEGO, O. R.; MARODIN, G. A.; BERGAMASCHI, H.; CARDOSO, L. S. Incidência de doenças e necessidade de controle em cultivo protegido de videira. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 29, p. 477-482, dezembro 2007.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P.; ZANUS, M. C.; MARODIN, G. A. B.; CHALAÇA, M. Z.; ZORZAN, C. Maturação de uvas Moscato Giallo sob cultivo protegido. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v.32, p.151-160, 2010.

CHONÉ, X.; LEEUWEN, C. van; DUBOURDIEU, D.; GAUDILLÈRE, J.-P. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. **Annals of Botany**, v. 87, 2001.

COMARELLA, C. G.; SAUTTER, C. K.; DOSSIN, M. F.; PENNA, N. G. Ultrasound in the postharvest treatment of grapes: impact on the extractability and phenolic composition of juice and wine. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, p. 143-156, jan./fev. 2018.

COMIRAN F. **Microclima, desenvolvimento e produção de videiras ‘Niagara Rosada’ em cultivo orgânico sob cobertura plástica**. 74 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009.

COMIRAN, F.; BERGAMASCHI, H.; HECKLER, B. M. M.; SANTOS, H. P.; ALBA, D.; SARETTA, E. Microclima e produção de videiras ‘Niágara rosada’ em cultivo orgânico sob cobertura plástica. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 34, p. 152-159, 2012.

CONCEIÇÃO, G; RODRIGUES, M. L. G; CRUZ, G. S.; MONTEIRO, A. N. Monitoramento Climatológico Anual. **EPAGRI/CIRAM** Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. 2020

ETTRE, L. S. The kováts retention index system. **Analytical Chemistry**, v.36, p.31-41, 1964.

FALCÃO, L. D. **Caracterização analítica e sensorial de vinhos Cabernet Sauvignon de diferentes altitudes**. 150f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

FERREIRA M.A., PEDRO JÚNIOR M.J., SANTOS A.O., HERNANDES J.L. Modificação parcial do ambiente de cultivo da videira ‘Cabernet Sauvignon’ sobre diferentes porta-enxertos: efeito sobre a produção e o teor de sólidos solúveis. **Bragantia**, 63, 439-445. 2004.

FOGAÇA, A.; DAUDT, C. E. Potencial fenólico de uvas da variedade Merlot e sua correlação com a composição fenólica dos vinhos. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 37, p. 578-587, setembro 2015

GARRUTI, D. S.; FRANCO, M. R. B.; DA SILVA, M. A. A. P.; JANZANTTI, N.; ALVES, G. L. Assessment of aroma impact compounds in a cashew apple-based alcoholic beverage by

GC-MS and GC olfactometry. **Food Science and Technology/Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie**, v. 39, p. 372-377, 2006.

GIOVANNINI, E.; MANFROI, V. **Viticultura e Enologia: elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros**. 2<sup>a</sup> edição. ed. [S.l.]: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2013.

GONZÁLEZ-NEVES, G., FRAVE, G., PICCARDO, D., FERRER, M., ECHEVERRIA, G. Efecto de técnicas alternativas de maceración sobre el color y composición de vinos tintos de seis variedades de uva. **Agrociencia Uruguay**, v. 19, p. 57-68, 2015.

GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; SÔNEGO, O. R. Principais doenças fúngicas da videira no Brasil. Bento Gonçalves: **EMBRAPA-CNPQ**, 1993.

HELENO, S. A.; MARTINS, A.; QUEIROZ, M. J. R. P.; FERREIRA, I. C. F. R. Bioactivity of phenolic acids: Metabolites versus parent compounds: A review. **Food Chemistry**, v. 173, p. 501–513, 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos** - São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020. versão eletrônica. 2008.

JACKSON, D. **Monographs in Cool Climate Viticulture – 2: Climate**. Daphne Brasell Associates Ltd, Wellington. 2001.

JENNINGS, W.G.; SHIBAMOTO, T. **Qualitative analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography**. San Francisco Academic Press, 1980.

KENNEDY, J. A. Grape and wine phenolics: Observations and recent findings. **Ciência e Investigación Agraria**, Santiago, v. 35, p. 77- 90, 2008.

KONTODAKIS, N.; ESTERUELAS, M.; FORT, F.; CANALS, J. M.; FREITAS, V. De.; ZAMORA, F. Influence of the heterogeneity of grape phenolic maturity on wine composition and quality. **Food Chemistry**. v. 124 767–774. 2011.

LAGO-VANZELA, E. S.; BAFFI, M. A.; SILVA, R. **Uvas e vinhos: química, bioquímica e microbiologia**. São Paulo: Editora Unesp, Editora Senac, 2015.

LAMBRECHTS, M.G.; PRETORIUS, I.S.; Yeast and its Importance to Wine Aroma - A Review. **South African J. Enol. Vitic.** v. 21, Special Issue, 2000.

LATTANZIO, V.; DI VENERE, D.; LINSALATA, V.; BERTOLINI, P.; IPPOLITO, A.; SALERNO, M. Low Temperature Metabolism of Apple Phenolics and Quiescence of Phlyctaena vagabunda. **J. Agric. Food Chem.**, v. 49, p. 5817-5821, 2001.

LEE, S. H., SEO, M. J., RIU, M., COTTA, J. P., BLOCK, D. E., DOKOOZLIAN, N. K. Vine microclimate and norisoprenoid concentration in Cabernet. **Journal Cleaner Production**. v. 111, p. 172-180, 2007.

LEEUWEN, C. van; SEGUIN, G. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique de feuillage, sur le développement de l'appareil végétatif et la maturation

du raisin (*Vitis vinifera* cv. Cabernet Franc, saint-emilion, 1990). **j. int. sci. Vigne Vin**, v. 28, p. 91–110, 1994.

LIN, D.; XIAO, M.; ZHAO, J.; LI, Z.; XING, B.; LI, X.; KONG, M.; LI, L.; ZHANG, Q.; LIU, Y.; CHEN, H.; QIN, W.; WU, H.; CHEN, S. Overview of plant phenolic compounds and their importance in human nutrition and management of type 2 diabetes. **Molecules**, v. 21, p.1-19, 2016.

MACIEL, H. T. R. **Caracterização dos vinhos Merlot e Cabernet Sauvignon produzidos no Planalto Serrano de Santa Catarina**. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Agronomia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. 2018

MALINOVSKI, L. I.; WELTER, L. J.; BRIGHENTI, A. F.; VIEIRA, H. J.; GUERRA, M. P.; SILVA, A. L. Highlands of Santa Catarina/Brazil: a region with high potential for wine production. **Acta Horticulturae** v. 931: 433-40. 2012.

MARTI, M.P.; MESTRES, M.; SALA, C.; BUSTO, O.; GUASCH, J. Study of phenolic and volatile composition of white wine during fermentation and a short time of storage. **J. Agric. Food Chem.** v. 51, 7861, 2003.

MARTÍNEZ-GIL, A. M.; CERDÁN, T. G.; LORENZO, C.; LARA, J. F.; PARDO, F.; SALINAS, M. R. Volatile compounds formation in alcoholic fermentation from grapes collected at 2 maturation stages: Influence of nitrogen compounds and grape variety. **Journal of food science**, v. 77, p. C71-C79, 2012.

MEDA, A., LAMIEN, C. E., ROMITO, M., MILLOGO, J., NACOULMA, O.G. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. **Food chemistry**. v. 92, 571-577, 2005.

MOO-HUCHIN, V. M., MOO-HUCHIN, M. I., ESTRADA-LEÓN, R. J., CUEVAS-GLORY, L., ESTRADA- MOTA, I. A., ORTIZ-VÁZQUEZ, E. Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. **Food Chemistry**, v. 166, 17–22, 2015.

MUNIZ, J. N; SIMON, S.; BRIGHENTI, A. F.; MALINOVSKI, L.I.; PANCERI, C. P.; VANDERLINDE, G.; WELTER, J.; DAL ZOTTO, D.; SILVA, A. L. Viticultural performance of Merlot and Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) cultivated in high altitude regions of Southern Brazil. **Journal of Life Sciences**, v. 9, p. 399-410, 2015.

NAIKER, M.  $\alpha$ -Damascenone-yielding precursor(s) from Cabernet Sauvignon grapes. **S. Pac. J. Nat. Sci.**, v. 19, 11-17. 2001.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres 1981. 440p.

PANCERI, C. P.; GOIS, J. S.; BORGES, D. L. G.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Effect of dehydration process on mineral content, phenolic compounds and antioxidant activity of Cabernet Sauvignon and Merlot grapes. **Food Research International**. v. 54 (2), 1343-1350. 2015.

PAWLISZYN, J. Theory of solid-phase microextraction. **J. Chromatogr. Sci.**, v. 38, p. 270-278, 2000.

PEDRO JÚNIOR M.J., SENTELHAS P.C. **Clima e produção**. In: POMMER, C. V. Uva: tecnologia de produção, pós-colheita e mercado. 63-107. Cinco Continentes, Porto Alegre. 2003.

PHEROBASE (2011). **Database of pheromones and semiochemicals**. Disponível em: <[www.pherobase.com/database/kovats/kovatsindex.php](http://www.pherobase.com/database/kovats/kovatsindex.php)>. Acesso em: março 2021.

PORGAH, Esra; BÜYÜKTUNCER, Ebru. Determination of phenolic composition and antioxidant capacity of native red wines by high performance liquid chromatography and spectrophotometric methods. **Food Research International**, Essex, v. 45, p. 145 – 154, 2012.

RIBEIRO DE LIMA, M. T.; WAFFO-TGUO, P.; TEISSEDRE, P. L.; PUJOLAS, A.; VERCAUTEREN, J.; CABANIS, J. C.; MRILLON, J. M. Determination of stilbenes (trans-astringin, cis- and trans-piceid, and cisand trans-resveratrol) in Portuguese wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 2666-2670, 1999.

RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÉCHE, B.; LONVAUD, A. **Handbook of Enology: the microbiology of wine and vinifications**. 2ed. Wiley & Sons, 2006.

RIZZOLO, R. G.; GUERRA, C. C.; PERISSUTT G. E.; BEM R. L.; NAVROSKI, R; MALGARIM, M. B. Physicochemical and sensory characteristics of finesparkling red wines produced at different maceration lengths in the south of Brazil. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 34, p. 37-47, 2018.

RIZZON, L. A. **Metodologia para análise de vinho**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2010.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, p. 192-198, 2002.

ROBERTO, R.F.; COLOMBO, L.A., ASSIS, A.M. de; Cultivo protegido em viticultura, **Ciência Téc. Vitiv.** v. 6, p.11-16. 2011.

RODRIGUEZ, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. 2 ed. Campinas, SP, 2009.

ROSIER, J. P. Novas regiões: vinhos de altitude no sul do Brasil. In: **Anais do X Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia**. Bento Gonçalves, RS. p.137-140, 2003.

RUFINO, M.S.M., ALVES, R.E., BRITO, E.S., MORAIS, S.M., SAMPAIO, C.G., PEREZJIMENEZ, J., SAURA-CALIXTO, F.D., **Comunicado técnico 125 - Metodologia p. 31 científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP)**. Embrapa, Fortaleza-Ce, 2006.

RUFINO, M.S.M., ALVES, R.E., BRITO, E.S., MORAIS, S.M., SAMPAIO, C.G., PEREZJIMENEZ, J., SAURA-CALIXTO, F.D., **Comunicado técnico 127 – Metodologia**

científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Embrapa, Fortaleza-Ce, 2007.

RUFINO, M.S.M., ALVES, R.E., BRITO, E.S., MORAIS, S.M., SAMPAIO, C.G., PEREZJIMENEZ, J., SAURA-CALIXTO, F.D. **Comunicado técnico 128** - Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS. Embrapa, Fortaleza-Ce, 2007.

SAMPAIO, K. L.; BIASOTO, A. C. T.; DA SILVA, M. A. A. P. Comparison of techniques for the isolation of volatiles from cashew apple juice. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, p. 299-312, 2015.

SAERENS, S. M. G.; DELVAUX, F.; VESTREPEN, K.J.; VAN DIJCK, P.; THEVELEIN, J.M.; DELVAUX, F.R. Parameters Affecting Ethyl Ester Production by *Saccharomyces cerevisiae* during Fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, v.74, p.454-461, 2008.

SAMPAIO, K.L.; BIASOTO, A.C. T., NASCIMENTO E.J.M; CALDAS E.A.B.; DA SILVA, M.A.A.P. Dynamics of the recovery of aroma volatile compounds during the concentration of cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.). **Food Research International**, v. 51, p. 335-343, 2013.

SAMPAIO, K.L.; GARRUTI, D.S.; FRANCO, M.R.; JANZANTTI, N.S.; DA SILVA, M.A.A.P. Aroma volatiles recovered in the water phase of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) juice during concentration. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, p. 1801-1809, 2011.

SANTOS, H.P.; CHAVARRIA, G. Cultivo de videira em ambiente protegido. In: **Fruticultura em ambiente protegido**. Brasília: Embrapa, 278p. 2012.

SCHIEDECK, G.; MIELE A.; BARRADAS, C. I N.; MANDELLI, F. Maturação da uva Niágara rosada cultivada em estufa de plástico e a céu aberto. **Ciência Rural** [online]. v. 29, p. 629-633. 1999.

SIMON, S. - **Comportamento viti-enológico das variedades Merlot e Cabernet Sauvignon (Vitis vinifera l.) em diferentes Altitudes no Sul do Brasil** - Universidade Federal de Santa Catarina- Centro de ciências agrárias- Programa de pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais –RGV, 2014.

SPAYD, S.; TARARA, J.; MEE, D.; FERGUSON, J. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of vitis vinifera cv. merlot berries. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 53, 2002.

SUMBY, K. M.; GRBIN, P.R.; JIRANEK, V. Microbial modulation of aromatic esters in wine: Current knowledge and future prospects. **Food Chemistry**, v.121, p.1-16, 2010.

SUN, Q.; SACKS, G.L.; LERCH, S.D.; VANDEN HEUVEL, J.E.; Impact of shoot thinning and harvest date on yield components, fruit composition, and wine quality of Marechal Foch. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 62, p. 32–41, 2011.

SWIEGERS, J.H.; PRETORIUS, I.S. In **Advances in Applied Microbiology**; Laskin, A.I. (Edt.); Elsevier: Londres, p. 131, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 858 p. 2017.

TARARA, J. M.; LEE, J.; SPAYD, S. E. E.; SCAGEL, C.F. “A temperatura da baga e a radiação solar alteram a acilação, proporção e concentração de antocianina em uvas merlot.” **Revista Americana de Enologia e Viticultura** v. 59, p.235-247. 2008.

VANDERLINDE, G.; SIMON, S.; MALINOVSKI, L. I.; SPINELLI, F. R.; VANDERLINDE, R.; BRIGHENTI, A. F.; VIEIRA, H. J.; SILVA, A. L. DA. Chemical composition of Cabernet Sauvignon and Merlot grapes under plastic cover in Santa Catarina State. **Rev. Bras. Vitic. Enol.**, p.34-42, 2016.

WATSON, B. Evaluation of winegrape maturity. In: E. W. HELLMAN (Ed). **Oregon Viticulture**, Oregon State University Press, Corvallis, Oregon, p. 235-245, 2003.

WELKE, J. E.; MANFROI, V., ZANUS, M.; LAZZAROTO, M.; ZINI, A. Characterization of the volatile profile of Brazilian Merlot wines through comprehensive two dimensional gas chromatography time-of-flight mass spectrometric detection. **Journal of Chromatography A**, 1226 - 124– 139. 2012a.

YU, HUI-QING LI, XIAO-TONG GAO, HAO-CHENG LU, WEN-TING PENG, WU CHEN, SHU-DE LI, SUI-PING LI, CHANG-QING DUAN, JUN WANG, Influence of attenuated reflected solar radiation from the vineyard floor on volatile compounds in Cabernet Sauvignon grapes and wines of the north foot of Mt. Tianshan, **Food Research International**, v 137, 2020.