

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DOS ALIMENTOS**

**ESTUDO DA INTERAÇÃO DA IRRADIAÇÃO UV-C SOBRE  
A COMPOSIÇÃO FENÓLICA, VOLÁTIL E VISCOSIDADE  
DE VINHOS CABERNET SAUVIGNON E MERLOT**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**RODRIGO VALVASSORI GINDRI**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2013**



**ESTUDO DA INTERAÇÃO DA IRRADIAÇÃO UV-C SOBRE A  
COMPOSIÇÃO FENÓLICA, VOLÁTIL E VISCOSIDADE DE  
VINHOS CABERNET SAUVIGNON E MERLOT**

**Rodrigo Valvassori Gindri**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Área de concentração em Processamento e análise de vinhos e outras bebidas alcoólicas, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Kaehler Sautter**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2013**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Valvassori Gindri, Rodrigo

Estudo da interação da irradiação UV-C sobre a composição fenólica, volátil e viscosidade de vinhos Cabernet Sauvignon e Merlot / Rodrigo Valvassori Gindri.-2013.

62 f.; 30cm

Orientadora: Claudia Kaehler Sautter

Coorientador: Roger Wagner

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, RS, 2013

1. UV-C 2. Viscosidade 3. Compostos voláteis 4. Compostos fenólicos 5. Hormese I. Kaehler Sautter, Claudia II. Wagner, Roger III. Título.

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Rodrigo Valvassori Gindri. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Rua Vale Machado, n. 1605 ap. 106,

Santa Maria, RS. CEP: 97010-530

Fone (0xx)55 9963-6903; E-mail: rodrigovgindri@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos  
Alimentos**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a  
Dissertação de Mestrado

**ESTUDO DA INTERAÇÃO DA IRRADIAÇÃO UV-C SOBRE A  
COMPOSIÇÃO FENÓLICA, VOLÁTIL E VISCOSIDADE DE VINHOS  
CABERNET SAUVIGNON E MERLOT**

Elaborada por  
**Rodrigo Valvassori Gindri**

Como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**

**Comissão Examinadora:**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr<sup>a</sup>. Cláudia Kaehler Sautter**  
(Orientadora)

  
\_\_\_\_\_  
**Dr<sup>a</sup>. Aline de Oliveira Fogaça (UNIFRA)**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr<sup>a</sup>. Berta Maria Heinzmann (UFSM)**

Santa Maria, 07 de maio de 2013

## DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação aos meus pais, José Lir Gindri e Maria Marlene Valvassori Gindri, que sempre me deram o total apoio, compreensão, amor e condições para que eu consiga atingir todos os meus ideais e realizar todos os meus sonhos.

## AGRADECIMENTO

Agradeço ...

- ...a Deus por permitir que eu realizasse esse mestrado;
- ...à minha orientadora Cláudia Kaehler Sautter, por todo o apoio, ensinamentos, paciência e por acreditar em mim até mesmo nos momentos que eu duvidava do meu potencial;
- ...aos meus pais, por sempre incentivarem meus estudos;
- ...à minha irmã, Silvana Gindri que mesmo longe, sempre está ao meu lado;
- ...ao amigo Juliano Peixoto Garcia, pelo companheirismo, dedicação e compreensão nos momentos de estresse;
- ... às minhas irmãs de coração, Ana Carolina Ribeiro, Joelíria Vey de Castro e Mari Ane Messa pelo presente de iluminarem minha vida e sempre estarem ao meu lado;
- ...às minhas amigas “mestrugiárias” que deram o sangue por este experimento: Laura Mascarin, no momento de produção dos vinhos e à Fernanda Wouters Franco, que permaneceu comigo por horas, dias, semanas, meses na análise e tratamento dos dados. Sem vocês essa dissertação não seria possível;
- ...à colega Gabrieli Bernardi, pelas ajudas nas análises cromatográficas;
- ...às professoras Berta Maria Heinzman e Neidi Garcia Penna pela oportunidade e confiança de me permitirem realizar minhas docências orientadas em suas disciplinas;
- ...ao professor Roger Wagner pelo auxílio e orientação nas análises de compostos voláteis;
- ...ao professor Marcos Viletti, pela ajuda nas análises da viscosidade;
- ...ao professor Auri Brackman por abrir as portas do NPP ao meu trabalho;
- ...à professora Luíza Helena Hecktheuer pela total disposição a sempre esclarecer todas as dúvidas;
- ...à Paula Augusti, pela amizade, companheirismo e incentivo contínuo aos estudos e pesquisa;
- ...aos colegas de pós-graduação Fabiane Lorenzini, Roberta de Oliveira dos Santos, Carine Comarela e Taísa Ceratti Treptow pela amizade e conversas descontraídas nos intervalos ou a troca de ideias acadêmicas que enriqueceram este trabalho;
- ...às estagiárias Simone Trindade, Tássia Silveira, Andriely Bersch e Márcia Prior pela ajuda e dedicação sempre que necessárias;
- ...aos colegas e professores do NIDAL, em especial à amiga Sabrina Somacal por sempre alegrar os meus dias com tua mera presença;
- ...à Vinícula Velho Amâncio pela colaboração na aquisição das amostras;
- ...às empresas Ensoltec e Asbrater por todo o apoio no treinamento para o uso da irradiação ultravioleta, bem como na manutenção das lâmpadas;
- ...à UFSM pela oportunidade de executar este trabalho;
- ...à CAPES; pela bolsa concedida;
- ...a todos que de alguma forma ajudaram neste trabalho.

## EPÍGRAFE

“O mundo é como um espelho que devolve a cada pessoa o reflexo de seus  
próprios pensamentos.

A maneira como você encara a vida é que faz toda diferença.”

Luís Fernando Veríssimo



## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos  
Centro de Ciências Rurais  
Universidade Federal de Santa Maria

### **ESTUDO DA INTERAÇÃO DA IRRADIAÇÃO UV-C SOBRE A COMPOSIÇÃO FENÓLICA, VOLÁTIL E VISCOSIDADE DE VINHOS CABERNET SAUVIGNON E MERLOT**

AUTOR: RODRIGO VALVASSORI GINDRI  
ORIENTADORA: CLÁUDIA KAEHLER SAUTTER  
Local e data da defesa: Santa Maria, 07 de maio de 2013.

O Brasil está entre os 15 maiores produtores mundiais de vinho e o Rio Grande do Sul é o estado que possui a maior produção no país. As uvas 'Cabernet Sauvignon' e 'Merlot' são as mais plantadas no estado entre as cultivares tintas finas. Algumas propriedades sensoriais do vinho tinto são: cor, aroma, viscosidade e formação de lágrimas. A radiação ultravioleta do tipo C (UV-C) é um elicitador abiótico capaz de causar pequenos danos em tecidos vegetais, que farão com que as plantas produzam fitoalexinas como mecanismo de defesa. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da radiação UV-C nas doses de 0, 3, 6 kJ m<sup>-2</sup> sobre a viscosidade, teor de compostos fenólicos e voláteis de vinhos produzidos com uvas Cabernet Sauvignon e Merlot expostas à UV-C. O tratamento de irradiação das uvas foi em uma câmara de irradiação, onde as uvas foram postas sobre calhas de alumínio a uma distância de 49 cm das lâmpadas. Após a irradiação, as uvas permaneceram por 3 dias a 20 °C, para haver resposta fisiológica. Em seguida, as uvas vinificadas em microvinificadores de polietileno, e no final do processo foram engarrafadas. Os compostos fenólicos totais foram quantificados pelo método de Follin-Ciocalteu, enquanto antocianinas foram determinadas por pH diferencial. A atividade antioxidante foi monitorada através da remoção do radical DPPH. Os compostos voláteis foram analisados em cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massas e detector por ionização em chamas. Já a viscosidade foi medida por viscosímetro Cannon-Frenske. Para as doses de UV-C estudadas, a irradiação das uvas 'Cabernet Sauvignon' e 'Merlot' não influenciou os teores de compostos fenólicos, antocianinas e a atividade antioxidante nos vinhos estudados. No entanto, houve aumento na concentração de compostos voláteis, sendo que a 'Cabernet Sauvignon' apresentou um aumento de maior número de compostos na dose de 6 kJ m<sup>-2</sup> e a 'Merlot' em 3 kJ m<sup>-2</sup>. O grupo químico que apresentou uma maior resposta foi o dos ésteres, principalmente os derivados do ácido isovalérico, octanóico e succínico, e do álcool isoamílico. Quanto aos compostos voláteis, a melhor resposta hormética foi da 'Cabernet Sauvignon' na dose de 6 kJ m<sup>-2</sup>. Em relação à viscosidade, notou-se que o etanol é o principal responsável pela viscosidade, mas não o único. A cultivar Cabernet Sauvignon não apresentou diferença na viscosidade, enquanto os vinhos Merlot 3 kJ m<sup>-2</sup> mostrou-se mais viscoso. Os resultados obtidos no presente estudo nos permitem concluir que a irradiação de uvas com UV-C gera uma resposta fisiológica de tal forma que mantém a concentração de compostos fenólicos, mas podendo aumentar a viscosidade e concentração de compostos voláteis dependendo da cultivar e dose aplicada. Na cultivar Cabernet Sauvignon a dose hormética é de 6 kJ m<sup>-2</sup> e na cultivar Merlot foi de 3 kJ m<sup>-2</sup>.

Palavras-chave: UV-C. Compostos voláteis. Viscosidade. Polifenóis. Hormese.

## ABSTRACT

Master Dissertation  
Pós-Graduate Program in Food Science and Technology  
Rural Sciences Center  
Federal University of Santa Maria

### STUDY OF INTERACTION OF RADIATION UV-C ON THE COMPOSITION OF PHENOLICS, VOLATILES AND VISCOSITY OF CABERNET SAUVIGNON AND MERLOT WINES

AUTHOR: RODRIGO VALVASSORI GINDRI

ADVISOR: CLÁUDIA KAEHLER SAUTTER

Place and date of presentation: Santa Maria, May 07<sup>th</sup>, 2013

Brazil is among the 15 largest producers of wine in the world and Rio Grande do Sul is the state that has the highest production in the country. Grapes 'Cabernet Sauvignon' and 'Merlot' are commonly grown in the state among red grapes. Some sensory properties of red wine are: color, aroma, viscosity and formation of tears. The ultraviolet light type C (UV-C) is an abiotic elicitor capable of causing minor damage in plant tissues, which will cause the plants produce phytoalexins as a defense mechanism. The aim of this study was to evaluate the effect of UV-C irradiation at doses of 0, 3, 6 kJ m<sup>-2</sup> on the viscosity, content of phenolic and volatile compounds of wines produced from grapes Cabernet Sauvignon and Merlot exposed to UV-C. Irradiation treatment of grapes was in a radiation chamber where the grapes are placed on aluminum rails at a distance of 49 cm from the lamps. After irradiation, grapes remained for three days at 20 ° C, for a physiological response. Then the grapes were vinified in polyethylene bottle. The phenolic compounds were quantified by the method of Follin-Ciocalteau while anthocyanins were determined by differential pH. The antioxidant activity was monitored by removing DPPH. The volatile compounds were analyzed in a gas chromatograph coupled with mass spectrometer and flame ionization detector. Already viscosity was measured by viscometer Cannon-Frenske. For UV-C doses studied, the irradiation of the grapes 'Cabernet Sauvignon' and 'Merlot' did not affect the levels of phenolic compounds, anthocyanins and antioxidant activity in wines studied. However, an increase in the concentration of volatile compounds, and the Cabernet Sauvignon increased by many compounds at a dose of 6 kJ m<sup>-2</sup> and 'Merlot' 3 kJ m<sup>-2</sup>. The chemical group that showed a higher response was the esters, particularly those derived from isovaleric acid, octanoic acid and succinic acid, and isoamyl alcohol. As for the volatile compounds, the best hormonal response was at Cabernet Sauvignon in a dose of 6 kJ m<sup>-2</sup>. About viscosity, it was noted that ethanol is primarily responsible for it, but not the only one. The cultivar Cabernet Sauvignon showed no difference in viscosity, while the Merlot wines 3 kJ m<sup>-2</sup> was more viscous. The results obtained in this study allow us to conclude that the irradiation of UV-C grapes produces a physiological response such that maintains the concentration of phenolic compounds, but may increase the viscosity and concentration of volatiles depending on the cultivar and the applied dose. In the cultivar Cabernet Sauvignon hormonal dose is 6 kJ m<sup>-2</sup> and cultivar Merlot was 3 kJ m<sup>-2</sup>.

Keywords: UV- C. Volatiles compounds. Viscosity. Polyphenols. Hormesis.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Gráfico da curva de calibração do etanol em função da viscosidade.....40  
Figura 2: Gráfico da curva de calibração da viscosidade em função do etanol.....41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tratamentos e doses de irradiação aplicados no experimento.....	29
Tabela 2 – Açúcares totais, pH e acidez total titulável em vinhos Cabernet Sauvignon e Merlot.....	39
Tabela 3 – Viscosidade, etanol e valores deduzidos de vinhos Cabernet Sauvignon em função da dose de irradiação UV-C.....	43
Tabela 4 – Viscosidade, etanol e valores deduzidos de vinhos Merlot em função da dose de irradiação UV-C.....	43
Tabela 5 – Composição fenólica, de antocianinas e atividade antioxidante de vinhos Cabernet Sauvignon e Merlot em relação a diferentes doses UV-C.....	45
Tabela 6 – Concentração de compostos voláteis obtidos nos vinhos das cultivares Cabernet Sauvignon e Merlot por tratamentos.....	46
Tabela 7 – Notas olfativas de compostos voláteis.....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Absorbância.  
ASM – S-metil-Acibenzolar.  
AT – Açúcares totais.  
ATT – Acidez total titulável.  
CG – Cromatógrafo gasoso.  
CG/DIC – Cromatografo gasoso acoplado a detector de ionização em chama.  
CG/EM – Cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas.  
cm – Centímetros.  
CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono.  
CV – Coeficiente de variação.  
cv. – Cultivar.  
DIC – Detector de Ionização em Chama.  
DPPH – 2,2-Dipicril-1-hidrazil.  
DVB/Car/PDMS – Divinilbenzeno/Carbox/Polidimetilsiloxano.  
et al. – E outros.  
ET – Etanol teórico.  
eV – elétron Volt.  
FD – Fator de diluição.  
g – Grama.  
g L<sup>-1</sup> – Grama por litro.  
g% - Gramas por cem mililitros.  
h – hora.  
ha. – hectare  
He – Gás hélio.  
headspace – Espaço cabeça.  
Hz – Hertz.  
IBRAVIN – Instituto Brasileiro do Vinho.  
IC50 – volume de vinho capaz de impedir cinquenta por cento o descolorimento do radical livre 2,2-Dipicril-1-hidrazil.  
IK – Índice de Kovats.  
IR – Índice de Retenção.  
K – Constante da viscosidade em milímetros quadrados por segundo ao quadrado.  
kg – Quilograma.  
kJ – Quilojoule.  
kJ m<sup>-2</sup> – Quilojoule por metro quadrado.  
km<sup>2</sup> – Quilômetros quadrados.  
kPa – QuiloPascal.  
kv – Quilovolt.  
L – Litro.  
m – Metro.  
mEq L<sup>-1</sup>- Miniequivalente por litro  
m.s – Massa seca  
m/z – Carga massa  
mg – Miligrama.  
min – Minuto. mL – Mililitro.

mm – Milímetro.  
MM – Massa molecular.  
 $\text{mm}^2\text{s}^{-1}$  – Milímetro quadrado por segundo.  
 $\text{Mm}^2\text{s}^{-2}$  – Milímetro quadrado por segundo ao quadrado.  
MEFS – Microextração em Fase Sólida.  
MS – Espectrômetro de massas.  
N – Normal.  
NIDAL – Núcleo Integrado de Desenvolvimento de Análises Laboratoriais.  
NPP – Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita.  
NaCl – Cloreto de sódio.  
NIST - National Institute of Standards and Technology.  
nm – Nanômetros.  
 $\text{O}_2$  – Gás oxigênio.  
pH – potencial hidrogeniônico.  
ppm – partes por milhão.  
PT – Polifenóis Totais.  
rpm – rotação por minuto.  
RS – Rio Grande do Sul.  
S – Sul.  
Scan – Escaneamento.  
Splitless – Modo de injeção da amostra sem divisão.  
 $\text{SO}_2$  – Dióxido de enxofre.  
SST – Sólidos Solúveis Totais.  
t/ha – toneladas por hectare.  
T – Tratamento.  
UFMS – Universidade Federal de Santa Maria.  
UV – Ultravioleta.  
UV-A – Ultravioleta do tipo A.  
UV-B – Ultravioleta do tipo B.  
UV-C – Ultravioleta do tipo C.  
v – Viscosidade.  
V – Volume.  
vre – Viscosidade relativa ao etanol.  
vrx- Viscosidade relativa a outros compostos.  
W – Watt.  
 $\text{Wm}^{-2}$  – Watt por metro quadrado.  
°Brix – Graus Brix.  
°C – Graus Celsius.  
°GL – Graus Gay-Lussac.  
 $\mu\text{g}$  – Micrograma.  
 $\mu\text{L}$  – Microlitro.

# SUMÁRIO

DESENVOLVIMENTO .....	15
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
1.1 Uva e vinho .....	15
1.1.1 Cabernet sauvignon.....	16
1.1.2 Merlot.....	16
1.2 Viscosidade.....	17
1.3 Compostos fenólicos.....	19
1.3.1 Antocianinas .....	20
1.3.2 Benefícios à saúde dos compostos fenólicos presentes no vinho .....	20
1.4 Compostos voláteis.....	21
1.5 Irradiação ultravioleta.....	23
1.6 Fitoalexinas e hormese .....	24
2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS .....	27
2.1 Objetivo geral .....	27
2.2 Objetivos específicos .....	27
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	28
3.1 Uvas.....	28
3.2 Delineamento experimental.....	28
3.3 Irradiação ultravioleta do tipo C.....	29
3.4 Vinificação.....	30
3.5 Análises químicas e físico-químicas.....	32
3.5.1 Álcool em volume .....	32
3.5.2 Acidez total titulável (ATT).....	32
3.5.3 pH.....	33
3.5.4 Açúcares totais .....	33
3.5.5 Viscosidade .....	33
3.6 Compostos fenólicos.....	34
3.6.1 Polifenóis totais.....	34
3.6.2 Antocianinas .....	34
3.6.3 Atividade antioxidante.....	35
3.7 Análise de compostos voláteis.....	36
3.7.1 Extração .....	36
3.7.2 Análises cromatográficas.....	36

3.8	Análise estatística .....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4.1	Açúcares totais, pH e acidez total titulável .....	39
4.2	Viscosidade e etanol .....	40
4.3	Composição fenólica e atividade antioxidante .....	45
4.4	Compostos voláteis .....	46
5	CONCLUSÃO .....	53
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54



## INTRODUÇÃO

O vinho é sabidamente uma bebida rica em compostos benéficos à saúde humana, contendo muitas substâncias polifenólicas como antocianinas, flavonóides e taninos. Tais substâncias previnem além da agregação plaquetária, diversas doenças como a esclerose múltipla e patologias coronarianas. Estudos comprovaram que a população francesa, mesmo tendo uma alimentação rica em lipídeos, apresenta uma baixa incidência de doenças cardíacas e obesidade. Isto é conhecido como o paradoxo francês, conferindo este efeito ao hábito dos franceses consumirem vinho diariamente. Este fato, entre outros benefícios, deve-se ao combate de espécies reativas de oxigênio por estes compostos polifenólicos, devido a sua capacidade antioxidante (ABE et al., 2007; GALLICE; MESSERSCHMIDT; PERALTA-ZAMORA, 2011).

Gosto, cor, adstringência e sabor são atributos importantes que definem a qualidade de um vinho. Os polifenóis são um dos grupos de substâncias mais importantes em vinhos tintos, pois contribuem para tais características organolépticas (BURIN et al., 2011, PUÉRTOLAS et al., 2010). Além destas características, o aroma é um dos fatores principais no vinho e diversas são as substâncias presentes nos compostos voláteis do vinho contribuindo para a formação do *buquet* do mesmo. Entre eles vários compostos com atividades biológicas positivas a saúde humana, tais como os compostos terpênicos. Esta característica depende de muitas condições como: cultivar, safra, tecnologia empregada na vinificação, condições de conservação, idade do produto (MAURIELO et al., 2008; ; PERESTRELO et al., 2006; SELLI, et al., 2004). Outro fator que se destaca é a viscosidade, que interfere no tempo de permanência do produto na boca, a formação de lágrimas nos vinhos (KING et al., 2013; KOSMERL et al., 2000; YANNIOTIS et al., 2006).

Hormese é um estímulo de uma resposta positiva por baixas doses de qualquer agente potencialmente nocivo. Um tipo de tratamento pós-colheita com efeito hormético, é o uso de baixas doses de radiação ultravioleta do tipo C (UV-C), que atua como elicitador, causando danos que ativam mecanismos de reparo aos efeitos da irradiação, estimulando a uva a produzir fitoalexinas, que são metabólitos secundários

produzidos pelas plantas em resposta a este estresse (GOMEZ et al., 2010; LAMIKANRA et al., 2002).

Tendo em vista que a radiação ultravioleta do tipo C (UV-C) é um elicitador abiótico comprovado em diversas plantas, foram produzidos vinhos a partir de uvas Cabernet Sauvignon e Merlot irradiadas com esse tipo de radiação, com o objetivo de avaliar se houve uma resposta hormética dos frutos, e alterações de compostos fenólicos, voláteis e viscosidade destes vinhos.

Acredita-se que o vinho produzido com uvas irradiadas com UV-C possa resultar em um produto mais rico em compostos fenólicos e, atividade antioxidante e aroma. Desta forma tem-se um produto diferenciado, com valor agregado, pois além de ter uma maior atividade nutracêutica (maiores benefícios à saúde) ainda teria um maior valor tecnológico, sobretudo no aroma e percepção sensorial do produto. Além disso, um estudo pioneiro sobre a viscosidade se faz importante neste momento, uma vez que este fenômeno físico resulta também em uma agregação a qualidade do corpo do vinho, e raros são os estudos sobre a viscosidade do vinho, bem como não existem na literatura estudos sobre o efeito da UV-C sobre a viscosidade de vinhos produzidos com uvas irradiadas.

## DESENVOLVIMENTO

### 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 1.1 Uva e vinho

Segundo a portaria nº 229, de 25 de outubro de 1988, vinho é exclusivamente a bebida resultante da fermentação alcoólica do mosto de uvas frescas e sadias com um conteúdo de álcool adquirido mínimo de 10% (V/V a 20°C).

A viticultura ocupa uma área de, aproximadamente, 77 mil hectares (ha) no Brasil, com vinhedos estabelecidos desde o extremo sul do país, até regiões situadas próximas ao equador. O país está entre os quinze maiores produtores de vinho do mundo, tendo sido produzidos no ano de 2011 um volume de 461,07 milhões de litros (L) (INSTITUTO BRASILEIRO DO VINHO, 2013; SANTOS et al., 2010).

O Rio Grande do Sul (RS) produz cerca de 777 milhões de quilogramas (kg) de uvas por ano, e é responsável por cerca de 95 % da exportação do produto no país. O estado ainda produz cerca de 330 milhões de litros de vinho anuais (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2013).

O estado do RS é dividido em quatro regiões de produção de uvas e vinhos: Serra Gaúcha (situada no nordeste do RS, a 29° S, com altitudes entre 400 a 700 m, clima ameno, subtropical e úmido); Vale dos Vinhedos (microrregião da Serra Gaúcha, com área de 81,123 km<sup>2</sup>); Centro (localizado na área central do estado a 29,6° S), uma altitude média de 425 m, clima temperado e úmido; Campanha Gaúcha: localizada nas fronteiras sul e oeste do estado, em 31° S, altitude entre 100 e 300 metros (PÖTTER et al., 2010; SANTOS et al., 2010).

Na região da Campanha Gaúcha são cultivadas exclusivamente castas de *Vitis vinifera*, com predominância das uvas tintas Cabernet Sauvignon, Merlot,

Tannat, Cabernet Franc, Pinot Noir, Touriga Nacional e Tempranillo. Entre as uvas brancas destacam-se Chardonnay, Sauvignon Blanc, Pinot Grigio e Ugni Blanc (Trebiano). A produtividade dos vinhedos na região situa-se entre 8 e 12 toneladas por hectare (t/ha), dependendo da cultivar e condições climáticas da safra (INSTITUTO BRASILEIRO DO VINHO, 2013)

Cabernet Sauvignon e Merlot são as cultivares de uvas *Vitis viniferas* tintas mais conhecidas do mundo (CHIRA et al., 2009) e as cultivares produtoras de vinhos tintos finos mais produzidas no Brasil (RIZZON; MIELE, 2002; SANTOS et al., 2010).

#### 1.1.1 Cabernet sauvignon

A cultivar Cabernet Sauvignon é um híbrido natural de ‘Cabernet Franc’ x ‘Sauvignon Blanc’, sendo originária da região de Bordeaux, na França, e foi introduzida no Brasil em 1921, porém, somente após a década de 1980 teve um plantio expressivo no país. É de brotação e maturação tardias, sendo relativamente vigorosa, e tendo produção mediana com elevada qualidade de vinificação. Ela apresenta cacho cônico, pedúnculo comprido, solto, de tamanho médio (ORLANDO et al., 2008; RIZZON; MIELE, 2002).

Esta cultivar é considerada a mais importante entre as uvas produtoras de vinhos tintos produzidos no Vale dos Vinhedos e vem sendo muito estudada com o objetivo de conhecer suas características e melhorar sua qualidade (SANTOS et al., 2010).

#### 1.1.2 Merlot

A uva Merlot é uma cultivar originária de Bordeaux, na França, e passou a ser cultivada no estado do Rio Grande do Sul a partir da década de 1970, onde se difundiu na Serra Gaúcha. Apresentou, entre os anos de 2003 e 2007, um aumento de produção de 4962 para 11399 toneladas. O cacho da cultivar Merlot é

considerado médio, de formato cilíndrico, com peso entre 114,2 e 212 gramas (RIZZON; MIELLE, 2003, 2009).

O vinho Merlot apresenta uma coloração vermelho-violáceo. Olfativamente, não apresenta aroma pronunciado típico, mas são característicos aromas florais e frutados, o vinho é considerado ótimo devido ao seu equilíbrio e maciez (RIZZON; MIELLE, 2003).

## 1.2 Viscosidade

A viscosidade é uma importante propriedade reológica de produtos alimentícios líquidos, que afeta tanto processos tecnológicos de bombeamento, filtração, clarificação, como propriedades organolépticas, incluindo percepção de gosto, sabor e adstringência (YANNIOTIS et al., 2007).

Yanniotis et al. (2007) definem que a viscosidade percebida, é tipicamente avaliada oralmente pela pressão necessária para que alimentos líquidos fluam entre a superfície superior da língua e do palato, enquanto Szczesniak (2002) diz que viscosidade é percebida como a força necessária para tirar um líquido a partir de uma colher sobre a língua.

A viscosidade de alimentos líquidos pode ser medida objetivamente com viscosímetros ou avaliada subjetivamente por painéis treinados. Por muito tempo, aceitou-se apenas a influência da concentração do etanol, glicerol e açúcar como componentes do corpo do vinho, e raros são os estudos aprofundados de o quanto cada um desses componentes interfere realmente na viscosidade do produto (YANNIOTIS et al., 2007).

No vinho, os critérios mais estudados até então são as propriedades olfativas e gustativas, sendo muito mais recentes os estudos em relação ao corpo, provavelmente ainda não exista uma definição definitiva de o que é “corpo do vinho”, sendo as mais aceitas as que se referem como sensações táteis na boca, induzidas especialmente pelo etanol, mas também pela presença de glicerol, açúcares e compostos fenólicos (YANNIOTIS et al., 2007; KOSMERL et al., 2000).

Kosmerl et al. (2000) observou em seus estudos que a viscosidade diminui, não linearmente, com o aumento da temperatura; também apontou que após confeccionar uma curva de calibração com diferentes proporções de água e etanol e comparar a concentração deste álcool presente no vinho com a quantidade teórica de viscosidade, esta sempre se apresentou mais elevada nos vinhos, demonstrando assim que o etanol e a água não são os únicos compostos responsáveis pela viscosidade em vinhos.

Sabe-se que o extrato seco e o etanol interferem diretamente na viscosidade, enquanto a influência do glicerol é dada como insignificante (YANNIOTIS et al., 2007). Porém foi comprovado recentemente, que em altas concentrações, o glicerol pode interferir na viscosidade, assim como polissacarídeos presentes tendem a aumentá-la (JONES et al, 2008).

A percepção do aroma e sabor é menor em vinhos mais viscosos devido a maior dificuldade dos compostos voláteis se volatilizarem em meios de alta viscosidade, sugerindo ainda que eles também podem ter uma participação na viscosidade do produto (JONES et al., 2008).

Considera-se “vinho encorpado” (alta viscosidade) um termo positivo para vinhos, enquanto “vinho aguado” ou “magro”, negativo (baixa viscosidade), pois significa uma ausência de corpo. Vinhos de baixa viscosidade tendem a se espalhar mais rapidamente pela boca e serem engolidos mais rápido. Já os vinhos encorpados fluem com mais dificuldade, espalhando-se lentamente pela boca, fazendo com que a bebida entre em contato com as diversas papilas gustativas em tempos diversos o que proporcionaria uma degustação pausada em cada região da boca (YANNIOTIS et al., 2007).

Além da importância olfativa e palativa, a viscosidade ainda tem influência na questão visual do vinho, uma vez que ela é a responsável pela formação das “lágrimas” na taça. Isto se deve ao gradiente de tensão de superfície, o chamado efeito de Marangoni, sendo normalmente feita desta forma a avaliação sensorial da viscosidade visual do vinho (KING et al., 2013).

### 1.3 Compostos fenólicos

Compostos fenólicos ou polifenóis são substâncias de origem vegetal, formadas por conjuntos heterogêneos de grupos benzênicos característicos, ligados a hidroxilas (HERNÁNDEZ; PRIETO GONZÁLES, 1999).

Uvas e vinhos são grandes fontes de compostos fenólicos, porém a grande diversidade fenólica entre cultivares resulta em uvas e vinhos com diferentes características (BURIN et al., 2011; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006). A composição fenólica de uvas e vinhos depende de muitas condições como safra, maturação, clima, solo, técnicas de plantio, vinificação e extração empregadas (CHIRA et al., 2009; LORRAIN; CHIRA; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; TEISSEDRE., 2011; ZHU-MEY et al., 2010).

Os polifenóis do vinho podem ser classificados em dois grandes grupos: os compostos não flavonoídicos (ácidos hidroxicinâmicos e hidroxibenzóico, seus derivados e estilbenos, entre eles o resveratrol) e compostos flavonoídicos (antocianinas, flavonóis, flavonas e flavanóis). (BURIN et al, 2011; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006).

Gosto, sabor, cor e adstringência são atributos importantes que definem a qualidade de um vinho. Os polifenóis são um dos grupos de substâncias mais importantes em vinhos tintos, pois contribuem para tais características organolépticas (ABE et al., 2007; BURIN et al., 2011, PUÉRTOLAS et al., 2010; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; ZHU-MEY et al., 2010).

Durante a fermentação ocorre a extração dos compostos fenólicos presentes nas células da casca da uva devido à maceração. Tal fenômeno acontece pela difusão dos compostos presentes no vacúolo através das membranas celulares. Na vinificação de vinho tinto tradicional, a transferência de compostos fenólicos da casca da uva é lenta e ocorre conforme são formados o etanol, o dióxido de carbono e o dióxido de enxofre. (LOPEZ et al., 2009; PINELO; ARNOUS; MEYER, 2006).

### 1.3.1 Antocianinas

A cor é um dos principais atributos de vinhos tintos e um atributo de muita importância para o produto ser considerado de qualidade. Nas cascas das uvas as antocianinas encontram-se livres nos vacúolos ou em estruturas chamadas antocianoplasto (LOPEZ et al., 2009). A coloração inicial dos vinhos tintos é, principalmente, devido às antocianinas monoméricas extraídas da casca da uva durante maceração e fermentação, principalmente na forma de cátions flavílio (vermelho) e bases quinoidais anidras (azul), e à sua associação e copigmentação com outros fenóis presentes no vinho (BURIN et al., 2011; LOPEZ et al., 2009; MONAGAS et al., 2007).

Logo que se inicia a vinificação começam reações químicas com outros compostos fenólicos ou metabólitos secundários de levedura, os complexos de copigmentação diminuem, resultando na formação de novos pigmentos oligoméricos e poliméricos que apresentam estruturas mais estáveis, mudando a cor vermelho-vivo de vinhos jovens para tons tijolo conforme envelhecem (GUTIÉRREZ et al., 2005; LOPEZ et al., 2009; MONAGAS, et al., 2007).

### 1.3.2 Benefícios à saúde dos compostos fenólicos presentes no vinho

Sabe-se que a população francesa, mesmo tendo uma alimentação rica em lipídeos, apresenta uma baixa incidência de doenças cardíacas e obesidade. Isto é conhecido como o paradoxo francês, conferindo este efeito ao hábito dos franceses consumirem vinho diariamente, tendo este vários compostos polifenólicos, que exercem um importante efeito antioxidante (ABE et al., 2007; GALLICE; MESSERSCHMIDT; PERALTA-ZAMORA, 2011).

Os polifenóis apresentam uma alta atividade antioxidante devido a sua estrutura química, que não só lhes permite doar hidrogênio ou elétrons, mas também por formarem radicais intermediários estáveis, o que impede a oxidação em cadeia de ácidos graxos e de óleos (SOARES et al., 2008).



As sementes e casca de uva contêm flavonóides e derivados (catequina, epicatequina, procianidinas e antocianinas), ácidos fenólicos e resveratrol, que mostraram ter atividades funcionais. O extrato de procianidinas da semente da uva apresentou atividade antioxidante *in vivo* (SATO et al., 2001) e poderia ser tão importante quanto a vitamina E para impedir os danos oxidativos nos tecidos (TEBIB; ROUANET; BESANCON,1997), reduzindo a oxidação lipídica, ou inibindo a produção de radicais livres (SOARES et al., 2008).

Além da capacidade antioxidante, os compostos fenólicos também apresentam efeitos anti-inflamatório, anticarcinogênico, antimicrobiano, antialérgico, antiagregação plaquetária, e outros (ABE et al., 2007; BERTAGNOLLI<sub>a</sub> et al., 2007; BURIN et al., 2011; SUN et al., 2008).

#### **1.4 Compostos voláteis**

O vinho é uma das bebidas com maior complexidade de aromas devido ao grande número de compostos voláteis. A composição volátil em vinhos é formada por diversos grupos químicos (alcoóis, ácidos orgânicos, ésteres, aldeídos, cetonas, terpenos, dentre outros), tendo sido identificados mais de 800 compostos voláteis até hoje. Esta grande variedade de compostos voláteis, com diferentes polaridades, volatilidades e concentrações são responsáveis pela complexidade do *bouquet* do vinho e garante a sua especificidade e caráter (MAURIELO et al., 2009; ORTEGA-HERAS et al., 2002; PERESTRELO et al., 2006; SELLI, et al., 2004; VILLIERS et al., 2012; XI et al. 2011).

O aroma é um aspecto de qualidade do vinho, sendo um dos atributos mais importantes para os consumidores na hora da compra do produto (TAO; LIU; LI, 2009). O aroma do vinho tem recebido muita atenção da pesquisa nas últimas décadas, com vários componentes sendo identificados, e a elucidação de suas notas aromáticas específicas. O aroma do vinho é determinado por muitos fatores incluindo a variedade de uva, vinícola, práticas de vinificação e maturação do vinho (SUMBY; GRBIN; JIRANEK, 2010).

Os compostos voláteis do vinho podem ser de três procedências: os presentes na uva que são típicos de cada cultivar (aromas primários); os formados durante a fermentação, derivados do metabolismo das leveduras (aromas secundários), e os aromas formados durante o envelhecimento em garrafas e barris de carvalho (aromas terciários) (BOSCH-FUSTE et al., 2007; MAURIELO et al., 2009; VILLIERS et al., 2012).

A formação de compostos voláteis durante a fermentação é um fenômeno complexo que envolve diversos fatores como a natureza e concentração dos compostos presentes no mosto, a cultivar e a cepa da levedura. Neste processo ocorre a síntese de alcoóis superiores, ácidos orgânicos e suas esterificações (CERDÁN et al., 2004; MAURIELO et al., 2009; SELLI et al., 2004).

Os ésteres estão entre os principais compostos responsáveis pelo aroma de vinhos, principalmente os frutados. Eles são formados pela reação de um álcool e um ácido carboxílico liberando uma molécula de água. Durante a fermentação do vinho ocorre a síntese de ésteres por via enzimática, catalisada por esterases e lipases, produzidas pelas leveduras. A síntese de ésteres também pode ser catalisada por álcool-acetiltransferases, um outro mecanismo de formação de ésteres no vinho, é a reação espontânea dos alcoóis e dos ácidos carboxílicos presentes na bebida (SUMBY; GRBIN; JIRANEK, 2010).

Os ésteres acetato derivam da reação do acetil-coa com alcoóis. Ésteres etanoicos são ésteres de etanol com ácidos orgânicos superiores, que juntamente com os ésteres acetato, promovem os principais aromas de vinhos jovens. Eles são produzidos enzimaticamente pelas leveduras devido à etanólise da acetil-coa que ocorre durante a síntese ou pela degradação de ácidos graxos (PERESTRELO et al., 2006; XI, et al., 2011).

Nas leveduras, os alcoóis superiores são formados principalmente por duas vias: a via catabólica dos aminoácidos ou a via anabólica dos carboidratos. Já nas uvas, esses compostos são formados em resposta à atividade da lipoxigenase, e compostos aromáticos, tais como álcool benzílico e 2-feniletanol. Compostos terpênicos fazem parte do metabolismo secundário vegetal, e ainda não foi comprovada sua síntese por *Saccharomyces cerevisiae* (PERESTRELO et al., 2006; XI et al., 2011).

A composição volátil, responsável pelo aroma delicado e equilibrado em vinhos finos é um critério sensorial importante. Assim, a avaliação da qualidade do vinho exige uma análise confiável de compostos voláteis. A cromatografia gasosa vem sendo a técnica de escolha na etapa de separação para identificação destes compostos. (BARBA; FLORES; HERRAIZ, 2010; CASTRO et al., 2004).

A análise dos compostos voláteis é realizada rotineiramente com o uso de métodos de cromatografia gasosa acoplada a um detector de ionização em chama (GC-FID) para quantificação e espectrometria de massas (GC-MS) para identificação. Com o surgimento de colunas capilares para cromatografia gasosa, aumentou o número de compostos voláteis que podem ser separados. Entre as fases estacionárias de maior eficiência, hoje em dia, encontra-se a coluna polar de polietilenoglicol, do grupo das chamadas colunas “Wax” (VILLIERS et al., 2012).

Um dos grandes problemas da cromatografia gasosa, até pouco tempo atrás era a extração dos compostos voláteis, porém a microextração em fase sólida (SPME) é um método eficiente para extração destes compostos em vinhos, quando comparado a outros métodos, uma vez que tem vantagens como o não uso de solventes, necessidade de pouca amostra e alta sensibilidade. (CASTRO et al., 2004; VILLIERS et al., 2012).

## **1.5 Irradiação ultravioleta**

O sol emite energia em praticamente todos os comprimentos de onda do espectro eletromagnético permeados pelas diversas linhas de absorção. De toda essa energia emitida, 44% encontra-se entre 400 e 700 nm, denominado espectro visível de energia. O restante é dividido entre radiação ultravioleta (100 - 400 nm) com 7%, infravermelho próximo (700 – 1500 nm) com 37% e infravermelho (maiores que 1500 nm) com 11%. Menos de 1% da radiação emitida pelo sol encontra-se acima da região do infravermelho, como micro-ondas e ondas de rádio, e abaixo da região ultravioleta, como raios X e raios gama (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2013).

A radiação ultravioleta (UV) faz parte do espectro eletromagnético, estando entre as faixas do visível e das regiões de raio-X. Diferentes bandas de frequência no espectro ultravioleta mostram grandes variações em causar danos biológicos, e por essa razão o espectro ultravioleta está dividido em três regiões espectrais: ultravioleta do tipo A (UV-A), ultravioleta do tipo B (UV-B) e ultravioleta do tipo C, (UV-C). A UV-C que é caracterizada por um menor comprimento de onda, entre 100-280 nm, também conhecida como ondas curtas ou germicidas (ORTON, 1986).

A radiação UV-C vem sendo utilizada como método alternativo de controle microbiológico em superfície de frutos e embalagens há bastante tempo, por ser rápido e de baixo custo (FONSECA; RUSHING, 2006; GOMEZ et al., 2010; SHAMA, 2007). Em seu estudo, Fredericks; Toit & Krüegel (2011) demonstraram a eficácia do uso de irradiação UV-C em uvas logo antes da vinificação ou da produção de suco, como técnica de controle microbiano, uma vez que inibindo os microorganismos da flora natural da uva, eles não contaminariam o mosto ou o suco.

## **1.6 Fitoalexinas e hormese**

As fitoalexinas são metabólitos secundários, produzidos por plantas em resposta a danos físicos, químicos ou biológicos. Os agentes ativadores dessa resistência denominam-se elicitores, que podem ser bióticos ou abióticos, sendo que entre os abióticos destacam-se a irradiação ultravioleta do tipo C, o ozônio e o S-metil-acibenzolar (ASM) (GOMEZ et al., 2010; LAMIKANRA et al., 2002; SAUTTER et al., 2008, SHAMA, 2007).

Hormese é o estímulo de uma resposta positiva, por baixas doses de um agente potencialmente prejudicial. Um exemplo de mecanismo de hormese baseia-se em baixas doses de UV causarem danos aos tecidos, ativando mecanismos de reparo para os efeitos da irradiação estimulando a planta a produzir fitoalexinas (GOMEZ et al., 2010, SAUTTER et al., 2008; SHAMA; ALDERSON, 2005; SHAMA, 2007).

Um fator que influencia o conteúdo de polifenóis e resveratrol nas uvas é a irradiação emitida pelo sol. A incidência desta radiação nos tecidos de plantas

apresenta efeito importante sobre o metabolismo fenólico. A UV-B está associada com o aumento das enzimas responsáveis pela biossíntese de flavonóides, os quais protegem a uva da injúria, prevenindo danos ao material genético da planta (CANTOS et al., 2003).

Em seu estudo, Gil et al. (2012) notaram que após exposição de folhas de videira à irradiação UV-B, compostos terpênicos de defesa contra insetos e fungos (nerolidol, trans-bergamoteno, alfa-pineno, terpinoleno, dentre outros), enzimas terpeno-sintetases e esteróis da membrana apresentaram atividade aumentada.

Nos últimos anos, foram publicados muitos trabalhos sobre o efeito hormético da exposição de frutos à irradiação UV-C em doses entre 0,12 e 9,0 kJ m<sup>-2</sup>. Esses estudos tem demonstrado que esta irradiação provoca uma série de reações químicas em tecidos vegetais, que induzem a produção de enzimas e fitoalexinas (GOMEZ et al., 2010, SAUTTER et al., 2008; SHAMA, 2007). A irradiação UV-C produz um estresse abiótico no fruto e afeta o metabolismo fenólico em diferentes vias, entre elas a da síntese de resveratrol, de chalconas e seus derivados (SAUTTER et al., 2005).

Após exposição de uvas à UV-B e UV-C ocorre uma desestabilização das membranas e paredes celulares, pois os componentes dessas organelas absorvem energia UV, e formam espécies reativas de oxigênio. Esses compostos ativam sistemas enzimáticos para a produção de fitoalexinas e compostos antioxidantes, para minimizar os danos causados pelo elicitor. Os efeitos horméticos induzidos pela UV-C diferem dos seus efeitos germicidas de uma maneira fundamental: efeitos germicidas são sobre o patógeno, enquanto efeitos horméticos se manifestam no vegetal depois da exposição à irradiação, por um período de horas, dias, ou até semanas conforme a dose aplicada (KOYOMA et al., 2012; RIVERA et al., 2007, SHAMA, 2007; ZHANG et al., 2012).

Entre as várias respostas de uvas frente à exposição à UV sabe-se que as enzimas fenilalanina amonioliase (PAL) e a chalcona-sintase são ativadas. Estas enzimas fazem parte da rota de formação de fenilpropanóides, estilbenos e flavonóides, compostos que se acumulam nos vacúolos das células epiteliais das uvas e são capazes de absorver a radiação ultravioleta, diminuindo seus danos aos tecidos vegetais. Além disso, esses compostos agem como antioxidantes inativando

os radicais livres produzidos pela irradiação UV (BERLI et al., 2010; RIVERA, et al., 2007; ZHANG et al., 2009, 2012).

Vinhos da cultivar 'Cabernet Sauvignon' quando produzidos com uvas irradiadas com UV-C apresentam maior concentração de *trans*-resveratrol e tiveram melhor aceitação entre os provadores, que amostras que não sofreram esse tipo de tratamento (BERTAGNOLLI et al. 2007). Este mesmo resultado é observado em vinhos da cultivar Palomino Fino que além do aumento de *trans*-resveratrol, apresentou uma intensificação da coloração, observada, sensorialmente para esta cultivar (GUERRERO<sub>a</sub> et al.; 2010).

Vinhos das cultivares Merlot e Shiraz também apresentam um acréscimo de estilbenos quando produzidos com uvas expostas à irradiação ultravioleta (GUERRERO<sub>b</sub> et al., 2010). Suco de uva branca da cultivar 'Superior' produzido com uvas expostas a UV-C apresentaram cerca de trinta e cinco vezes mais resveratrol e estilbeno, quando comparados aos sucos de uvas não irradiadas (GONZALES-BARRIO et al. 2009).

Em vinho de uvas 'Jean' verificou-se 3 vezes mais resveratrol e 26 vezes mais piceatanol (composto volátil, com efeitos anti-neoplásicos) nas amostras tratadas com UV-C (GUERRERO<sub>c</sub> et al., 2010). Melões cantalupe expostos a UV-C demonstraram um estímulo da produção de compostos voláteis de alto impacto odorífero, entre eles terpenóides cíclicos e acíclicos, com poder antimicrobiano (LAMINKARA et al 2002).

No entanto, a literatura carece de fontes que relatem quantitativamente os efeitos da radiação UV-C sobre a composição volátil, fenólica e sobre a viscosidade de vinhos produzidos com uvas que passaram pelo tratamento de exposição à irradiação ultravioleta do tipo C.

## **2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho teve como objetivo geral determinar o efeito da irradiação ultravioleta do tipo C sobre vinhos produzidos com uvas das cultivares 'Cabernet Sauvignon' e 'Merlot' irradiadas.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Verificar a resposta individual de cada cultivar frente às doses de irradiação UV-C expostas, em relação aos compostos voláteis e fenólicos, e à viscosidade.
- Identificar o perfil de compostos voláteis que apresentaram diferença entre os tratamentos e em comum às cultivares.
- Estabelecer a dose hormética de irradiação UV-C em cada cultivar em relação aos compostos fenólicos, voláteis e viscosidade.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Uvas

O experimento foi realizado na safra de 2011, com uvas *Vitis vinifera* tintas das cultivares 'Cabernet Sauvignon' e 'Merlot' (aproximadamente 40 kg de cada cultivar), doadas por viticultores da região produtora da Campanha Gaúcha. As amostras foram transportadas em caixas de polietileno com capacidade de 12 kg até a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Inicialmente as amostras de uva passaram por um processo de *toilette*, no qual foram retiradas, com auxílio de uma tesoura sem ponta, bagas verdes, podres ou com danos físicos, microbiológicos ou morfológicos.

As amostras permaneceram em câmara com controle de temperatura a 20 °C no Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita (NPP-UFSM), por algumas horas para ocorrer a perda do calor de campo até atingirem 20°C e em seguida submetidas ao tratamento de irradiação ultravioleta do tipo C.

### 3.2 Delineamento experimental

As uvas das duas cultivares foram submetidas aos tratamentos no esquema fatorial 3x3, com diferentes doses de exposição à irradiação ultravioleta do tipo C (0, 3 e 6 kJ m<sup>-2</sup>, e com três repetições para cada tratamento nas cultivares Cabernet Sauvignon e Merlot. A formação das unidades amostrais foi inteiramente casual, afim de que houvesse uma homogeneidade entre as repetições.



### 3.3 Irradiação ultravioleta do tipo C

O método de irradiação empregado foi feito conforme Sautter et al. (2008). As amostras foram irradiadas em uma câmara de irradiação, localizada no NPP, constituída por fontes de radiação ultravioleta com emissão na região do UV-C, da marca Phillips® - modelo TUV15W/ G15T8 Longe Life e com potência de 15 Watts (W).

Os cachos de uva foram dispostas sequencialmente em uma calha de alumínio, a uma distância de 49,0 centímetros (cm) da lâmpada, com desvio de  $\pm 0,2$  cm para serem expostos a uma irradiância de  $3,048 \text{ W m}^{-2}$  e comprimento de onda ( $\lambda$ ) de 254 nm (parâmetros previamente aferidos pela empresa Ensoltec® de Porto Alegre).

O tempo de irradiação das uvas foi determinado segundo Diffey (2002) pela relação da dose e irradiância emitida pela lâmpada ultravioleta, conforme demonstrado na equação abaixo:

$$t = D/I$$

onde  $t$  é o tempo de exposição (s),  $D$  é a dose de exposição ( $\text{Jm}^{-2}$ ) e  $I$  é a irradiância da lâmpada ultravioleta ( $\text{Wm}^{-2}$ ).

As doses de irradiação e tempo de exposição das uvas em cada tratamento encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Tratamentos e doses de irradiação aplicados no experimento.

Tratamento	Dose	Tempo de exposição
T1 – Controle	$0 \text{ kJ m}^{-2}$	0 minuto
T2 – Irradiado com UV-C	$3 \text{ kJ m}^{-2}$	16,4 minutos
T3 – Irradiado com UV-C	$6 \text{ kJ m}^{-2}$	32,8 minutos

Após a exposição, todos os tratamentos, assim como o controle, foram mantidos em câmara com controle de temperatura a 20 °C com desvio de  $\pm 1$  °C por três dias no NPP, para que houvesse uma resposta fisiológica à irradiação UV-C, sendo posteriormente vinificadas.

### 3.4 Vinificação

A vinificação em pequena escala (microvinificação) foi conduzida conforme Miele e Rizzon (2006) com algumas adaptações.

Foram retiradas as bagas danificadas durante o período de armazenamento e em seguida as uvas foram desengaçadas e esmagadas manualmente. Os operadores utilizaram luvas de silicone para não haver contaminação da amostra por microorganismos ou compostos voláteis presentes nas mãos.

Após o esmagamento, o mosto foi acondicionado em microvinificadores de polietileno, vedados com sifão de água para que houvesse a saída do gás carbônico (CO<sub>2</sub>) formado durante a fermentação e também para que não ocorresse entrada de oxigênio (O<sub>2</sub>) ou microorganismos do ambiente externo para o mosto. Imediatamente após o acondicionamento do mosto no fermentador, foi realizada a sulfitagem da amostra, com solução de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) até uma concentração de 30 partes por milhão (ppm).

Após a sulfitagem, foi adicionada a enzima pectinolítica (pectinoesterase) LAFAZYM<sup>®</sup>CL marca Laffort<sup>®</sup>, na concentração de 0,1 g L<sup>-1</sup>, conforme instrução do fabricante. Esta enzima tem por finalidade a quebra de moléculas de pectina, fragilizando a parede celular, liberando mais facilmente os compostos fenólicos e precursores de voláteis ao mosto, melhorando sua qualidade (UENOJO; PASTORE, 2007).

Trinta minutos após a adição da pectinoesterase, foi adicionada levedura *Saccharomyces cerevisiae*, ZYMAFLORE FX10<sup>®</sup>, fabricada pela empresa Laffort<sup>®</sup>, utilizada para a fermentação alcoólica. No segundo dia de fermentação, foi adicionado o ativante Bioactiv<sup>®</sup> da marca Laffort<sup>®</sup>, rico em aminoácidos e minerais,

necessários para o crescimento das leveduras; ambos foram adicionados seguindo especificações do fabricante.

A fermentação foi conduzida a uma temperatura de 20 °C, no laboratório de fermentações no núcleo integrado de desenvolvimento de análises laboratoriais (NIDAL). A temperatura de fermentação é sugerida pelo fabricante das leveduras, com a finalidade de haver uma fermentação mais homogênea.

O tempo de contato das cascas com o mosto foi de oito dias e a remontagem foi realizada diariamente, agitando-se o mosto para que o chapéu (porção sobrenadante de cascas e sementes ricas em antocianinas, taninos e precursores de compostos voláteis) fosse misturado à parte líquida do mosto, extraíndo-se assim os compostos presentes nas cascas.

A descuba (separação das cascas do líquido) foi feita por filtração em um tecido de algodão, previamente esterilizado. No mesmo tecido, as cascas foram prensadas manualmente, para que houvesse uma maior extração do líquido.

Diariamente foram retiradas alíquotas do mosto, para verificar a concentração de sólidos solúveis totais (SST) e a dinâmica da fermentação. A mensuração dos SST foi feita com refratômetro portátil modelo REF 103 marca Biobrix<sup>®</sup> conforme Instituto Adolfo Lutz, 2008. Quando os SST se mantiveram constantes por dois dias foi realizada a análise de açúcares totais pelo método de Somogyi e Nelson (Nelson, 1944) para averiguar se os açúcares estavam em concentração inferior a 4 g L<sup>-1</sup>, quando foi considerada encerrada a fermentação.

Após este período, os vinhos foram submetidos à temperatura de 1°C por sete dias, em câmara refrigerada no NPP para que ocorresse a estabilização tartárica.

Passado o período de estabilização, as amostras foram trasfegadas, sulfitadas na concentração de 50 ppm e acondicionadas em garrafas de vinho de cor verde com capacidade de 375 mL e tapadas com rolhas de corticeira. As amostras foram armazenadas também em frascos âmbar com volumes de 10, 30, 50 e 100 mL, que permaneceram vedados até o momento das análises.

As análises cromatográficas, físico-químicas e químicas foram realizadas entre 6 e 8 meses após o engarrafamento dos vinhos. As análises de viscosidade foram conduzidas 10 meses após o engarrafamento.

### 3.5 Análises químicas e físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas no NIDAL, com exceção da viscosidade que foi feita no Departamento de Física da UFSM. Todas as análises foram feitas em triplicata, com exceção, novamente, da viscosidade que foi medida em quintuplicata.

#### 3.5.1 Álcool em volume

A dosagem de álcool em volume foi feita por ebulliometria com o uso de um ebuliômetro Dujardin-Salleron. O vinho foi fervido e seu ponto de ebulição comparado com a tabela de conversão, corrigindo-se com o ponto de ebulição da água no dia da análise. A lavagem do ebuliômetro entre as amostras, foi feita três vezes com a próxima amostra a ser analisada, para evitar problemas de diluição. Os resultados foram expressos em graus Gay-Lussac (°GL).

#### 3.5.2 Acidez total titulável (ATT)

A ATT dos vinhos foi mensurada por titulometria, titulando-se 10 mL da amostra e 200 mL de água isenta de CO<sub>2</sub> com hidróxido de sódio 0,1 N, tendo fenolftaleína como indicador do ponto de viragem de pH de 8,2. Durante a titulação mediu-se o pH com um pHmetro marca Digimed<sup>®</sup> modelo DM – 22 para confirmar o valor de virada (INSTITUTO ADOLF LUTZ, 2008). A ATT foi expressa em miliequivalentes de ácido tartárico por litro (mEq L<sup>-1</sup>).

### 3.5.3 pH

O pH das amostras foi medido em pHmetro marca Digimed<sup>®</sup> modelo DM – 22 (Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 354).

### 3.5.4 Açúcares totais

Os açúcares totais foram dosados por espectrofotometria pelo método colorimétrico de Somogyi-Nelson (NELSON, 1944; MACEDO; PASTORE, 2005) e os resultados foram expressos em gramas por litro ( $\text{g L}^{-1}$ ).

### 3.5.5 Viscosidade

A análise de viscosidade dos vinhos foi feita em um viscosímetro de rotina Cannon-Frenske, nº 75, marca Amitel. As leituras foram feitas em quintuplicata, a 20°C seguindo-se as especificações do manual do aparelho.

Para a temperatura do sistema manter-se constante, foi desenvolvido um sistema térmico, onde se imergia o viscosímetro em água a 20 °C, dentro de um recipiente de vidro. No exterior deste recipiente circulava constantemente água a uma temperatura estabilizada (20 °C) por um termopar, que acionava um aquecedor elétrico sempre que o sistema atingia a temperatura de 19,9 °C, por perdas de calor para o meio.

Foi cronometrado o tempo de escoamento das amostras, e calculou-se a viscosidade pela equação:

$$v = K \times (t - \vartheta),$$

onde:  $v$  é a viscosidade em milímetros quadrados por segundo ( $\text{mm}^2\text{s}^{-1}$ ),  $K$  é a constante da viscosidade, com o valor de 0,008 milímetros quadrados por segundo ao quadrado ( $\text{mm}^2 \text{s}^{-2}$ ),  $t$  é o tempo em segundos (s) e  $\vartheta$  é o valor de correção para o tempo de escoamento de cada amostra dado em segundos também.

### 3.6 Compostos fenólicos

#### 3.6.1 Polifenóis totais

O conteúdo de compostos fenólicos totais foi dosado pelo método de Folin Ciocalteu, adaptado por Singleton & Rossi (1965), com pequenas modificações. Utilizou-se uma alíquota de 0,4 mL do vinho diluído em proporção 1:50, onde foram adicionados 2 mL do reagente de Folin 10% e em seguida essa solução foi neutralizada com 1,6 mL de carbonato de sódio 7,5%. Após duas horas em ambiente escuro, foi feita a leitura da absorvância em 765 nm em espectrofotômetro Femto<sup>®</sup> modelo 600S (mono feixe). Foi construída uma curva padrão de ácido gálico, no intervalo de 0 a 100  $\text{mg L}^{-1}$  com pontos de múltiplos de 5. Os resultados foram expressos em equivalentes a miligramas de ácido gálico por litro (Eq mg Ac Gal.  $\text{L}^{-1}$ ).

#### 3.6.2 Antocianinas

O conteúdo de antocianinas foi determinado pelo método do pH diferencial (GIUSTI; WROSLTAD, 2001), em que se dilui a amostra em dois sistemas-tampão: cloreto de potássio pH 1,0 (0,025 M) e acetato de sódio pH 4,5 (0,4 M). As determinações foram feitas no comprimento de onda de absorção máxima na região

visível (previamente conhecido por avaliação do espectro de varredura de cada amostra) e a 700 nm em espectrofotômetro Femto<sup>®</sup> modelo 600S (mono feixe). A absorvância foi calculada a partir da equação:

$$A = (A_{\text{max vis}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}1,0} - (A_{\text{max vis}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}4,5}$$

A concentração de pigmentos no extrato foi calculada como equivalentes a miligramas de malvidina-3-glicosídeo por litro de vinho (Eq mg mvd-3gl L<sup>-1</sup>), utilizando a seguinte equação:

$$\text{Antocianinas (mg.L}^{-1}\text{)} = (A \times \text{MM} \times \text{FD} \times 1000) / (\epsilon \times 1),$$

onde: A = absorvância; MM é a massa molecular da malvidina-3-glicosídeo = 331; FD, o fator de diluição e  $\epsilon$  o coeficiente de extinsão molar = 20200.

### 3.6.3 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi calculada pela metodologia de captura do radical livre 2,2-dipicril-1-hidrazil (DPPH), que baseia-se na doação de um elétron por parte da molécula antioxidante para o radical livre com conseqüente perda da coloração roxa. Foi executada a metodologia de Brand-Williams; Cuvelier; Berset (1995), com algumas modificações. Uma solução de DPPH 0,024% foi diluída em etanol até que sua absorvância fosse equivalente a 1,1±0,2 unidades em 517nm. Alíquotas de 20, 50 e 100 µL de amostras diluídas foram adicionadas a 1950µL de DPPH e deixadas em ambiente protegido da luz por 24 horas. Os percentuais de inibição obtidos frente a um branco contendo apenas o solvente e os volumes adicionados foram usados para confecção de uma curva e a equação resultante foi usada para cálculo do IC50 (volume de amostra capaz de descorar o DPPH em 50%). O resultado de IC50 foi apresentado em µL de vinho, sendo quanto menor o valor, maior a atividade antioxidante do vinho.

### 3.7 Análise de compostos voláteis

#### 3.7.1 Extração

O método de extração para as análises em cromatografia gasosa tanto qualitativas quanto quantitativas, foi o de microextração em fase sólida (SPME), realizada seguindo o método proposto por Tao e Zhang (2010), com adaptações, onde 10 mL de amostras de vinho foram colocadas em frascos de 20 mL juntamente com 2 g de NaCl. As amostras foram fortificadas com padrão interno 3-octanol até uma concentração de  $4,1 \mu\text{g mL}^{-1}$ . Logo o frasco foi mergulhado em banho termostaticado a  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  e homogeneizado constantemente com uma barra de agitação magnética por cinco minutos, para ser alcançado o equilíbrio térmico. Em seguida a fibra utilizada para microextração em fase sólida, a DVB/Car/PDMS (divinilbenzeno/ carboxen/ polidimetilsiloxano, Sulpelco,  $50/30 \mu\text{m} \times 20 \text{ mm}$ ), foi exposta por 30 min ao *headspace*.

#### 3.7.2 Análises cromatográficas

A identificação dos compostos voláteis foi feita utilizando cromatógrafo gasoso Shimadzu GC 2010<sup>®</sup>, acoplado a espectômetro de massas (Shimadzu QP 2010 Plus<sup>®</sup>). Os compostos voláteis da fibra de SPME foram submetidos à dessorção térmica a  $240 \text{ }^\circ\text{C}$  em um injetor do tipo split/splitless operando em modo splitless.

Os compostos voláteis foram separados em uma coluna capilar de polietilenoglicol CP-WAX 52 CB<sup>®</sup> com 30,0 m comprimento x 0,25 mm de diâmetro interno e  $0,25 \mu\text{m}$  de espessura de filme. O programa de temperatura da coluna foi iniciado a  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ , permanecendo por 1min, posteriormente aumentando até  $240 \text{ }^\circ\text{C}$  a uma taxa de  $4 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$ , temperatura que foi mantida por 10 minutos. O gás de



arraste foi o Hélio, tendo uma vazão de 2,8 mL min<sup>-1</sup> permanecendo à pressão constante de 61,8 kPa.

A temperatura da interface no GC/MS e da fonte de íons foi de 250°C. A ionização dos compostos foi configurada no modo de ionização por elétrons a 70 eV. O analisador de massas quadrupólos monitorando as massas de íons operou no modo de varredura de 40 a 350 *m/z*. A voltagem aplicada ao detector foi de 0,8 kV.

A identificação dos compostos voláteis foi feita por comparação do espectro de massas com a biblioteca NIST e a confirmação destes dados foi feita por comparação entre os Índices de Kovats (IK) ou Índices de Retenção (IR) dos compostos identificados pelo detector, com os citados pela literatura ou com IK e IR obtidos a partir de análises de padrões .

O cálculo dos índices de Kovats e Índice de retenção dos picos integrados tanto no GC/MS quanto GC/FID foram feitos conforme Goodner (2008), foi analisada uma série de alcanos, C6 – C22. A partir desses índices foi feita a comparação dos valores encontrados nas duas metodologias, identificando assim os compostos detectados e quantificados pelo detector de ionização em chamas.

A quantificação dos compostos voláteis foi realizada em cromatógrafo a gás VARIAN®, modelo Star 3400 cx, com detector de ionização de chama (GC/FID). O método de extração e as condições das análises cromatográficas foram praticamente as mesmas, diferindo-se pelo fato de o gás de arraste ser o Hidrogênio em vazão de 2,8 mL min<sup>-1</sup> e pressão constante de 61,8 kPa .

O cálculo das concentrações relativas dos compostos foi feita a partir da equação:

$$C_x = \frac{C_{3\text{-octanol}} \times A_x}{A_{3\text{-octanol}}}$$

onde  $C_{3\text{-octanol}}$  é a concentração de 3-octanol (4,1 µg mL<sup>-1</sup>),  $A_{3\text{-octanol}}$ , a área de integração do pico de 3-octanol,  $C_x$  a concentração do composto a ser analisado e  $A_x$  a área de integração do pico a ser analisado.

Os resultados foram expressos em equivalentes µg de 3 octanol mL<sup>-1</sup>.

### 3.8 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística comparando-se os dados encontrados nas doses de irradiação de cada vinho. Foram realizadas análises de variância (ANOVA), comparando-se as médias pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância, utilizando o programa Statistic versão 9.0.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Açúcares totais, pH e acidez total titulável

Os resultados de açúcares totais (AT), pH e acidez total titulável (ATT) são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Açúcares totais, pH e acidez total titulável em vinhos Cabernet Sauvignon e Merlot.

Cultivar	Dose de irradiação UV-C	AT (g L <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	pH <sup>2</sup>	ATT (mEq L <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>
Cabernet Sauvignon				
	0 kJ m <sup>-2</sup>	4,10±0,2 <sup>a*</sup>	3,73±0,0 <sup>a</sup>	78,66±6,2 <sup>a</sup>
	3 kJ m <sup>-2</sup>	3,93±0,2 <sup>a</sup>	3,84±0,0 <sup>a</sup>	78,66±5,8 <sup>a</sup>
	6 kJ m <sup>-2</sup>	4,03±0,2 <sup>a</sup>	3,83±0,0 <sup>a</sup>	85,33±6,0 <sup>a</sup>
Merlot				
	0 kJ m <sup>-2</sup>	3,71±0,4 <sup>a</sup>	3,69±0,0 <sup>a</sup>	89,33±5,4 <sup>a</sup>
	3 kJ m <sup>-2</sup>	3,71±0,0 <sup>a</sup>	3,71±0,0 <sup>a</sup>	90,66±6,2 <sup>a</sup>
	6 kJ m <sup>-2</sup>	3,69±0,0 <sup>a</sup>	3,69±0,0 <sup>a</sup>	96,00±6,4 <sup>a</sup>

<sup>(1)</sup> Açúcares totais em gramas por litro;

<sup>(2)</sup> pH;

<sup>(3)</sup> Acidez em miliequivalente de ácido tartárico por litro;

<sup>(\*)</sup> Médias seguidas pela mesma letra na vertical, na mesma cultivar, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A irradiação UV-C não causou nenhuma alteração nos níveis de açúcares totais, acidez total titulável e pH. Dessa forma, as amostras encontram-se dentro dos padrões de qualidade e identidade de vinhos tintos secos (BRASIL, 1988), que estabelecem um máximo de 5g/L de açúcares totais e acidez total titulável máxima de 130 miliequivalentes de ácido tartárico por litro.

## 4.2 Viscosidade e etanol

Após a vinificação, durante as trasfegas e coleta de alíquotas para análises, observou-se maior formação de lágrimas em alguns vinhos de uvas tratadas. Tal fenômeno é relacionado ao aumento de viscosidade e por isso foi investigada a viscosidade pelo método de tempo de escoamento das amostras.

Tendo em vista os fatores teóricos responsáveis pela viscosidade e a impossibilidade de quantificação do glicerol, foram confeccionadas duas curvas de calibração (etanol x viscosidade) e (viscosidade x etanol) com o uso de um viscosímetro de rotina de Cannon Fenske para observar o efeito do etanol sobre a viscosidade do vinho.

As regressões lineares assim como as curvas de calibração (etanol X viscosidade) e (viscosidade x etanol) encontram-se nas Figura 1 e Figura 2, respectivamente:

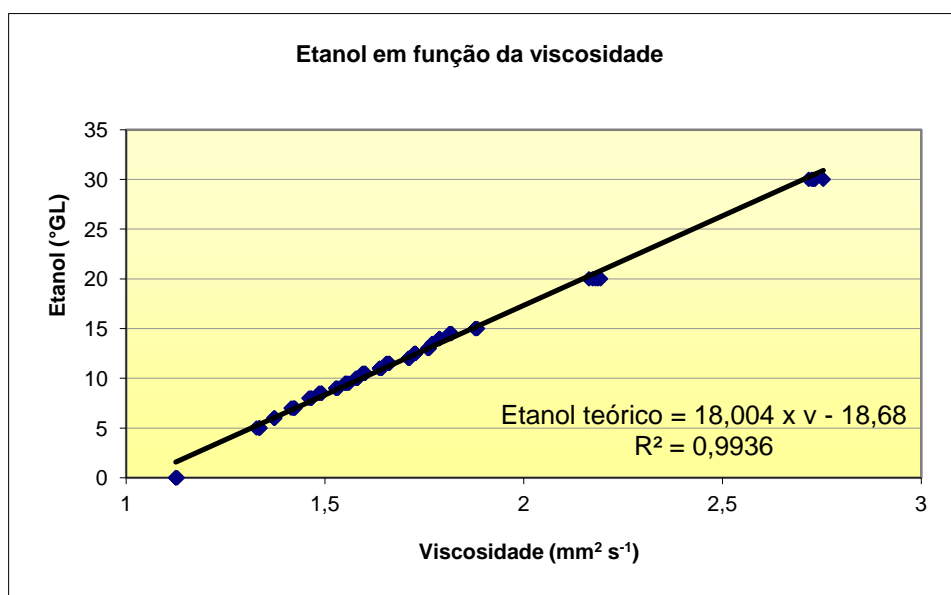


Figura 1: Gráfico da curva de calibração do etanol em função da viscosidade

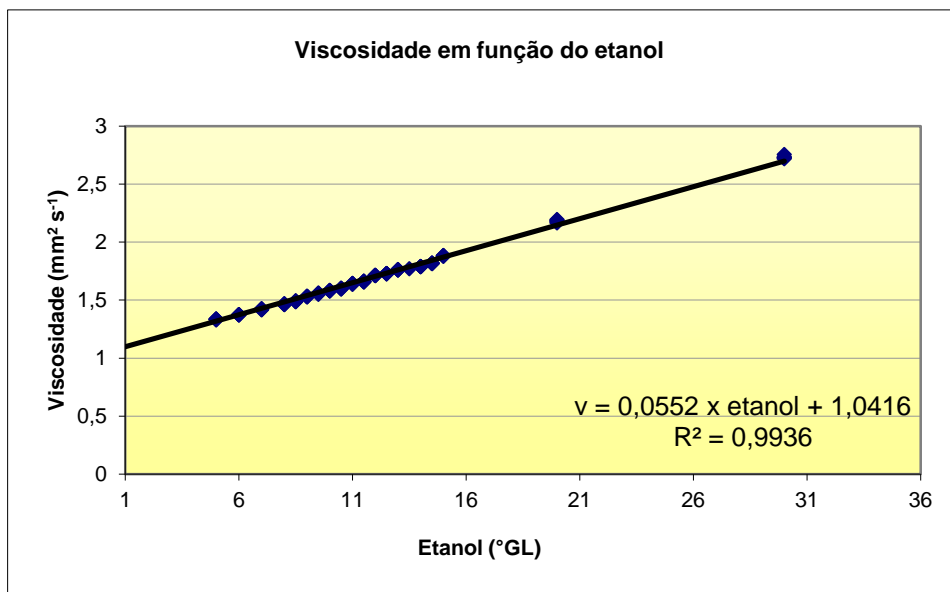


Figura 2: Gráfico da curva de calibração da viscosidade em função do etanol.

A partir da Figura 1 e Figura 2 percebe-se que a viscosidade é linear e diretamente proporcional à concentração do etanol na solução. Com as equações das regressões foi possível deduzir os parâmetros citados a seguir.

As curvas de calibração foram montadas com diferentes concentrações de etanol em água e determinada a viscosidade. Em seguida foram deduzidas equações para verificar a interferência do etanol na viscosidade do vinho.

Com as regressões das curvas das Figuras 1 e 2 foram obtidas as seguintes equações:

$$\text{Etanol } (^{\circ}\text{GL}) = 18,004 \times v - 18,68 \quad R^2 = 0,9936$$

$$v = 0,0552 \times \text{Etanol } (^{\circ}\text{GL}) + 1,0416 \quad R^2 = 0,9936$$

Com o cálculo do etanol teórico (ET) foi deduzido qual a concentração de etanol o vinho deveria ter, caso apenas ela fosse o responsável pela viscosidade.

$$\text{ET } (^{\circ}\text{GL}) = 18,004 \times v - 18,68$$

A equação abaixo ( $\Delta$  etanol) apresenta a diferença entre o etanol teórico (calculado a partir da viscosidade) e o etanol dosado por ebulliometria, podendo-se deduzir quantos °GL a mais o vinho precisaria ter para apresentar a viscosidade medida. Esta estimativa foi expressa em equivalentes a °GL.

$$\Delta \text{ etanol} = ET - \text{etanol dosado}$$

Viscosidade relativa ao etanol ( $v_{re}$ ) foi obtida a partir da regressão linear da curva de calibração do etanol em água, e demonstra o quanto da viscosidade é explicada pela concentração de etanol presente na amostra, sendo expressa em  $\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$

$$v_{re} = 0,0552 \times \text{etanol (}^\circ \text{GL)} + 1,0416$$

Viscosidade relativa a outros compostos ( $v_{rx}$ ) é a diferença entre a viscosidade medida e a viscosidade referente ao etanol e deduz o quanto da viscosidade é explicada por outros compostos e não pelo etanol. Foi expressa em  $\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$ .

$$v_{rx} = v - v_{re}$$

Os resultados de viscosidade e etanol, assim como valores deduzidos relativos à viscosidade, ao etanol e a outros compostos do vinho Cabernet Sauvignon encontram-se na Tabela 3.

Já os resultados relativos à viscosidade e etanol, assim como deduções de o quanto da viscosidade é referente ao etanol e a outros compostos do vinho Merlot encontram-se na Tabela 4.

Tabela 3 – Viscosidade, etanol e valores deduzidos de vinhos Cabernet Sauvignon em função da dose de irradiação UV-C.

Dose de irradiação UV-C	$v^1$ (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	ET <sup>2</sup> (°GL)	Etanol dosado <sup>3</sup> (°GL)	$\Delta$ Etanol <sup>4</sup> (Eq. °GL)	Vre <sup>5</sup> (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	Vrx <sup>6</sup> (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )
0 kJ m <sup>-2</sup>	2,01 <sup>a*</sup>	17,60 <sup>a</sup>	11,60 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	1,68 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>
3 kJ m <sup>-2</sup>	1,99 <sup>a</sup>	17,30 <sup>a</sup>	11,40 <sup>a</sup>	5,90 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	0,32 <sup>a</sup>
6 kJ m <sup>-2</sup>	1,99 <sup>a</sup>	17,30 <sup>a</sup>	11,30 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	1,66 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>

(1) Viscosidade em milímetros quadrados por segundo medido em viscosímetro;

(2) Etanol teórico calculado em equivalente graus Gay-Lussac;

(3) Etanol dosado por ebulliometria em graus Gay-Lussac;

(4)  $\Delta$  Etanol cálculo da diferença entre etanol teórico e dosado por ebulliometria, em equivalentes graus Gay Lussac;

(5) Viscosidade relativa do etanol, calculado em milímetros quadrados por segundo;

(6) Viscosidade relativa a outros compostos calculado em milímetros quadrados por segundo;

(\*) Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 4 – Viscosidade, etanol e valores deduzidos de vinhos Merlot em função da dose de irradiação UV-C.

Dose de irradiação UV-C	$v^1$ (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	ET <sup>2</sup> (°GL)	Etanol dosado <sup>3</sup> (°GL)	$\Delta$ Etanol <sup>4</sup> (Eq. °GL)	Vre <sup>5</sup> (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	Vrx <sup>6</sup> (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )
0 kJ m <sup>-2</sup>	1,92 <sup>b*</sup>	15,9 <sup>b</sup>	12,2 <sup>a</sup>	3,8 <sup>b</sup>	1,71 <sup>a</sup>	0,21 <sup>b</sup>
3 kJ m <sup>-2</sup>	1,96 <sup>a</sup>	16,7 <sup>a</sup>	11,6 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>
6 kJ m <sup>-2</sup>	1,95 <sup>ab</sup>	16,4 <sup>ab</sup>	11,3 <sup>a</sup>	5,1 <sup>ab</sup>	1,66 <sup>a</sup>	0,28 <sup>ab</sup>

(1) Viscosidade em milímetros quadrados por segundo medido em viscosímetro;

(2) Etanol teórico calculado em equivalente graus Gay-Lussac;

(3) Etanol dosado por ebulliometria em graus Gay-Lussac;

(4)  $\Delta$  Etanol cálculo da diferença entre etanol teórico e dosado por ebulliometria, em equivalentes graus Gay Lussac;

(5) Viscosidade relativa do etanol, calculado em milímetros quadrados por segundo;

(6) Viscosidade relativa a outros compostos calculado em milímetros quadrados por segundo;

(\*) Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A partir das Tabelas 3 e 4 percebe-se que em ambas as cultivares, o etanol dosado por ebulliometria é inferior ao teor esperado através do cálculo da viscosidade mensurada, e estes resultados estão de acordo com Kosmerl (2000). Assim foi possível observar que o teor de etanol é o principal fator responsável pela viscosidade, mas não o único.

Nos vinhos Cabernet Sauvignon (Tabela 3), não é possível perceber uma diferença significativa em nenhum parâmetro dosado ou calculado, mostrando assim que a irradiação UV-C não altera significativamente a viscosidade, etanol formado ou a viscosidade relativa a outros compostos que não seja o etanol.

Na cultivar Merlot (Tabela 4), os vinhos produzidos com uvas irradiadas a uma dose de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$ , apresentaram diferença significativa dos produzidos com uvas não irradiadas nos seguintes parâmetros: viscosidade do vinho e viscosidade relativa não explicada pelo etanol, assim como em etanol teórico e diferença entre etanol teórico e calculado. Entretanto o etanol dosado e a viscosidade relativa ao etanol não diferiram em nenhum tratamento. Já os vinhos produzidos com uvas irradiadas com  $6 \text{ kJ m}^{-2}$  não apresentaram diferença significativa em relação aos demais tratamentos.

Desta maneira, percebe-se que o tratamento de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$  altera a viscosidade nos vinhos Merlot, porém o responsável por esta alteração não é o etanol, levando a crer que esse aumento provém de outro fator não mensurado neste estudo. Estes fatores podem ser o somatório total de compostos voláteis (que não puderam ser calculados, devido a alguns deles coeluírem com o etanol em cromatografia gasosa), o glicerol e alguns polissacarídeos (JONES et al., 2008). Fazem-se, então, necessários maiores estudos para determinar os principais fatores induzidos pela dose de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$  que levaram ao aumento da viscosidade.

Portanto, no critério de viscosidade, a cultivar Merlot obteve uma melhor resposta do que a cultivar Cabernet Sauvignon, e entre os tratamentos da cultivar Merlot, o de melhor resultado é o de dose de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$  de irradiação ultravioleta do tipo C.

Teoricamente, o aumento de viscosidade fará com que o vinho seja mais encorpado, gerando melhor qualidade e proporcionando ao provador uma melhor percepção do produto na boca, fluindo mais lentamente, fazendo com que o vinho entre em contato com as diversas papilas gustativas em tempos diversos (YANNIOTIS, et al., 2007). Sabendo-se que vinhos produzidos com uvas irradiadas com UV-C apresentam uma maior viscosidade, estes produtos teriam uma qualidade sensorial e tecnológica mais elevada, tornando-os mais atrativos ao consumidor.



### 4.3 Composição fenólica e atividade antioxidante

Os resultados obtidos nas análises de composição fenólica total, antocianinas totais e DPPH nos vinhos das cultivares Merlot e Cabernet Sauvignon encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Composição fenólica, de antocianinas e atividade antioxidante de vinhos Cabernet Sauvignon e Merlot em relação a diferentes doses UV-C.

Cultivar	Dose de irradiação UV-C	Compostos Fenólicos Totais <sup>1</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Antocianinas totais <sup>2</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Atividade antioxidante <sup>3</sup> (IC50)
Cabernet Sauvignon				
	0 kJ m <sup>-2</sup>	1861,5 <sup>a*</sup>	44,6 <sup>a</sup>	38,4 <sup>a</sup>
	3 kJ m <sup>-2</sup>	1888,7 <sup>a</sup>	37,1 <sup>a</sup>	32,1 <sup>a</sup>
	6 kJ m <sup>-2</sup>	1948,2 <sup>a</sup>	40,6 <sup>a</sup>	43,8 <sup>a</sup>
Merlot				
	0 kJ m <sup>-2</sup>	2197,5 <sup>a</sup>	45,1 <sup>a</sup>	40,0 <sup>a</sup>
	3 kJ m <sup>-2</sup>	2150,9 <sup>a</sup>	36,7 <sup>a</sup>	43,2 <sup>a</sup>
	6 kJ m <sup>-2</sup>	2084,9 <sup>a</sup>	35,0 <sup>a</sup>	41,0 <sup>a</sup>

<sup>(1)</sup> Compostos fenólicos totais em equivalente a miligrama de ácido gálico por litro de vinho;

<sup>(2)</sup> Antocianinas totais em equivalente a miligrama de malvidina-3-glicosídeo por litro de vinho;

<sup>(3)</sup> Volume capaz de inibir o descoramento do radical livre dipicrilhidrazil em 50% em µL de vinho;

<sup>(\*)</sup> Médias seguidas pela mesma letra na vertical, na mesma cultivar, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Não foi observada diferença significativa nos compostos fenólicos, antocianinas totais e atividade antioxidante em nenhuma cultivar, o que não era esperado, pois a literatura relata que após a exposição de uvas à UV-C, esta é absorvida pelos polifenóis levando a degradação destes fenólicos; ocorre também uma desestabilização das membranas e paredes celulares, e formação de espécies reativas de oxigênio. Esses compostos ativam sistemas enzimáticos como o da fenilalanina amonioliase, chalcona-sintase e rotas do ácido chiquímico, para a produção de fitoalexinas e compostos antioxidantes, como polifenóis (resveratrol,

antocianinas), para minimizar os danos causados pelo elicitor (KOYOMA et al., 2012; RIVERA et al., 2007, SHAMA, 2007; ZHANG et al., 2012).

Como as uvas, antes de serem vinificadas, tiveram um tempo de resposta fisiológica de três dias, acredita-se que neste intervalo de tempo ocorreu um equilíbrio hormético. Possivelmente, gerando novos compostos fenólicos, para combater os radicais livres formados pelo tratamento. Apesar de não haver diferença na concentração de compostos fenólicos e antocianinas totais, não se pode dizer que não houve resposta destes frente à irradiação ultravioleta. Os métodos de determinação desse estudo quantificam os grupos de compostos em sua totalidade e não analitos isolados. Pode ter havido formação de outros compostos fenólicos minoritários ou intermediários do metabolismo secundário, até atingir a hormese.

#### 4.4 Compostos voláteis

As concentrações médias dos compostos voláteis presentes nos vinhos Cabernet Sauvignon e Merlot, se encontram divididas por classes químicas, em equivalentes microgramas de 3-octanol por litro de vinho na tabela 6.

Tabela 6 – Concentração de compostos voláteis ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) obtidos nos vinhos das cultivares Cabernet Sauvignon e Merlot por tratamentos.

Grupos	Cabernet Sauvignon				Merlot		
	IK*	Dose UV-C			Dose UV-C		
		0 KJ m <sup>-2</sup>	3 KJ m <sup>-2</sup>	6 KJ m <sup>-2</sup>	0 KJ m <sup>-2</sup>	3 KJ m <sup>-2</sup>	6 KJ m <sup>-2</sup>
<b>Ácidos</b>							
Ácido acético	1453	2,42	1,98	2,25	2,17	1,92	1,75
Ácido 2-metil-propanóico	1561	2,43	2,38	2,59	2,24	2,37	2,10
Ácido butírico	1631	0,45	0,66	0,47	0,60	0,50	0,50
Ácido 3-metil-butanóico (ácido isovalérico)	1675	4,94	6,80	4,93	4,45 b	5,30 a	4,26 b
Ácido hexanóico	1851	7,57	8,40	7,85	4,55	5,27	4,08
Ácido octanóico	2070	8,19	9,64	10,76	6,18	8,10	5,50
$\Sigma$		<b>26,00</b>	<b>29,86</b>	<b>28,85</b>	<b>20,19</b>	<b>23,46</b>	<b>18,20</b>

Grupos	Cabernet sauvignon				Merlot		
	IK*	Dose de UV-C			Dose de UV-C		
		0 kJ m <sup>-2</sup>	3 kJ m <sup>-2</sup>	6 kJ m <sup>-2</sup>	0 kJ m <sup>-2</sup>	3 kJ m <sup>-2</sup>	6 kJ m <sup>-2</sup>
<b>Alcoóis</b>							
1-propanol	1060	2,52 b	2,92 b	4,28 a	-	-	-
2-metil-1-propanol (isobutanol)	1112	58,70	56,31	58,68	62,79	57,82	56,41
1-butanol (n-butanol)	1186	0,32 b	0,23 b	0,74 a	0,34	0,33	0,20
3-metil-1-butanol (álcool isoamílico)	1234	70,12	73,86	87,40	50,46	54,23	45,74
4-metil-1-pentanol	1312	0,86	1,00	0,78	0,70	0,92	0,93
3-metil-1-pentanol	1325	2,60	2,84	2,54	1,88 b	2,55 a	2,46 b
1-hexanol	1353	8,02	8,86	6,95	8,75	8,46	6,85
3-hexen-1-ol, (E)-	1361	0,29	0,22	0,26	0,35	0,27	0,36
2-etil-1-hexanol	1487	0,72	0,78	0,74	2,09	1,80	1,16
2,3-butanodiol	1542	5,91	6,01	5,71	4,81	3,57	6,06
1-octanol	1548	0,59	0,31	0,33	0,59	0,78	0,48
Propilenoglicol	1600	0,38	0,40	0,40	0,27 ab	0,14 b	0,30 a
1-nonanol	1668	0,63	0,60	0,60	-	-	-
3-(metil-tio)-1-propanol	1721	1,45	1,38	1,45	1,79	2,03	1,54
1-decanol	1770	0,48	0,49	0,68	0,90	1,38	0,82
Álcool Benzílico	1881	0,79	0,75	0,90	2,51	3,50	2,31
Álcool Feniletílico	1920	333,31	308,28	358,05	292,64	344,53	285,17
n-dodecanol	1961	0,50	0,73	0,65	0,29	0,30	0,29
Σ		<b>488,19</b>	<b>465,97</b>	<b>531,14</b>	<b>431,16</b>	<b>482,62</b>	<b>411,08</b>
<b>Aldeídos</b>							
Furfural	1462	0,23	0,24	0,26	0,35	0,27	0,23
Decanal	1500	0,17	0,16	0,22	0,23	0,26	0,19
Benzaldeído	1535	0,29 b	0,42 ab	0,55 a	0,45	0,49	0,40
Σ		<b>0,69</b>	<b>0,82</b>	<b>1,03</b>	<b>1,03</b>	<b>1,02</b>	<b>0,82</b>
<b>Cetonas</b>							
2,3-Pentanodiona	1066	0,77 b	0,57 b	3,54 a	1,16	0,25	0,52
Σ		<b>0,77</b>	<b>0,57</b>	<b>3,54</b>	<b>1,16</b>	<b>0,25</b>	<b>0,52</b>
<b>Ésteres</b>							
Acetato de isobutila	1018	0,92 b	0,96 b	3,51 a	-	-	-
Butanoato de etila	1043	7,38 b	9,09 b	13,32 a	6,62	5,78	5,69
2-metil-butanoato de etila	1053	10,94	9,47	12,08	3,13	2,75	2,48
Isovalerato de etila (3- metilbutanoato de etila)	1076	3,13 b	3,5 b	5,12 a	3,46	3,75	3,33
Acetato de 3-metil-butila (Acetato de isoamila)	1128	34,10 b	43,41 ab	50,77 a	7,57 b	10,93 a	7,51 b
Trans-crotonato de etila	1177	-	-	-	0,21	0,14	0,11
2-metil-propanoato de 3 metil-butila	1212	-	-	-	0,51	0,51	0,47
Hexanoato de etila	1220	1090,1	1180,1	1108,9	1039,5	1130,40	1109,29

Grupos	Cabernet sauvignon				Merlot		
	IK*	Dose UV-C			Dose UV-C		
		0 kj m <sup>-2</sup>	3 kj m <sup>-2</sup>	6 kj m <sup>-2</sup>	0 kj m <sup>-2</sup>	3 kj m <sup>-2</sup>	6 kj m <sup>-2</sup>
Acetato de Hexila	1269	0,19	0,38	0,64	-	-	-
Heptanoato de etila	1319	0,15	0,18	0,18	-	-	-
Lactato de etila	1338	2,49	3,14	2,90	2,88 b	5,98 a	3,7 ab
Octanoato de metila	1383	0,58	0,34	0,70	0,32	0,45	0,32
Octanoato de etila	1430	77,67 b	78,75 ab	118,56 a	74,76 b	104,86 a	69,77 b
Hexanoato de isopentila (Hexanoato de isoamila)	1444	2,08	2,52	2,18	1,48	2,15	2,09
7- octenoato de etila	1485	0,14	0,28	0,22	-	-	-
Nonoato de etila	1533	0,35	0,34	0,73	0,15 a	0,21 a	0,08 b
Metil-propanoato de etila	1568	1,88	3,3	2,19	2,31	2,49	1,82
Decanoato de metila	1595	0,37	0,32	0,42	0,37	0,39	0,4
Decanoato de etila	1641	5,03 b	6,02 b	11,93 a	7,04	8,79	7,34
Octanoato de isoamila	1660	0,72 b	1,49 a	1,19 ab	0,66 b	1,10 b	1,81 a
Succinato de dietila	1681	23,01 ab	21,9 b	28,84 a	25,26	29,14	24,38
9-decenoato de etila	1686	0,38	0,28	0,48	0,31	0,28	0,19
Diacetato de 1-3 propilenoglicol	1742	0,19	0,18	0,26	0,29	0,30	0,29
4-hidroxibutanoato de etila	1795	0,66	0,73	0,82	0,38	0,39	0,46
Fenilacetato de etila	1810	0,17	0,18	0,24	-	-	-
Acetato de feniletila	1814	1,76 b	2,07 ab	2,31 a	0,15	0,20	0,15
Succinato de etila e 3- metilbutila	1908	1,18 b	1,19 b	1,80 a	1,49	1,99	1,10
<b>Σ</b>		<b>1265,6</b>	<b>1370,0</b>	<b>1370,3</b>	<b>1178,8</b>	<b>1313,4</b>	<b>1242,7</b>
<b>Éter</b>							
1,1-dietoxibutano-3 metil	1078	0,23 b	0,19 b	1,05 a	-	-	-
<b>Σ</b>		<b>0,23</b>	<b>0,19</b>	<b>1,05</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Hidrocarbonetos</b>							
Estireno	1248	-	-	-	0,36	0,73	0,48
Para-cimeno	1260	1,15	0,63	0,87	-	-	-
<b>Σ</b>		<b>1,15</b>	<b>0,63</b>	<b>0,87</b>	<b>0,36</b>	<b>0,73</b>	<b>0,49</b>
<b>Terpenos</b>							
D-limoneno	1189	1,22	0,75	1,37	2,24 a	0,72 b	1,67 a
Citronelol	1701	0,46	0,66	0,49	0,57	0,58	0,81
Alfa Terpeneol	1776	1,31	0,78	0,81	1,54	1,18	1,21
Beta damascenona	1839	0,17	0,17	0,19	-	-	-
Geraniol	1869	-	-	-	0,09	0,11	0,13
E-nerolidol	2032	0,21	0,18	0,47	0,09	0,12	0,09
<b>Σ</b>		<b>3,37</b>	<b>2,54</b>	<b>3,33</b>	<b>4,53</b>	<b>2,71</b>	<b>3,91</b>
<b>Furanos</b>							
Vitispirano	1517	-	-	-	0,31	0,37	0,41
<b>Σ</b>					<b>0,31</b>	<b>0,37</b>	<b>0,41</b>

\*Índice de Kovats comparados com obtidos por padrões e pela literatura em: ANTALICK et al., 2010; NIU et al., 2011; GARRUTI et al., 2006; ALVES et al., 2003; RIU-AUMATELL et al., 2006; COMUZZO, et al, 2006; XI, et al., 2011; TAO et al., 2008; SAN-JUAN, et al., 2010

\*Médias seguidas pela mesma letra na horizontal, na mesma cultivar, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

-, Composto não detectado.

A partir da tabela 6 pode-se observar que houve alterações em diversos compostos voláteis, dentro de quase todas as classes químicas, em ambas as cultivares. Porém não houve diferença significativa na somatória de concentração de nenhum dos grupos, mas este valor não é absoluto, uma vez que alguns compostos encontrados por cromatografia não puderam ser quantificados por GC-FID, pois estes coeluíram entre si ou com o etanol.

Na cultivar Cabernet Sauvignon foram identificados e quantificados 6 ácidos, 18 alcoóis, 3 aldeídos, 1 cetona, 25 ésteres, 1 éter, 1 hidrocarboneto, e 5 terpenos, totalizando 60 compostos, sendo que deste total, 15 deles apresentaram alguma diferença significativa entre os tratamentos. Já na cultivar Merlot, foram identificados e quantificados 6 ácidos, 16 alcoóis, 3 aldeídos, 1 cetona, 22 ésteres, 1 hidrocarboneto, 5 terpenos e 1 furano, totalizando 55 compostos, dos quais 9 apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

Em nenhum dos seis ácidos identificados nos vinhos Cabernet Sauvignon houve diferença significativa. Já na cultivar Merlot dos seis ácidos identificados, o ácido isovalérico na dose de 3 KJ m<sup>-2</sup> apresentou um aumento de 19% em relação a dose de 0 KJ m<sup>-2</sup>.

Entre os dezoito alcoóis identificados na cultivar Cabernet Sauvignon, houve um aumento de 69 % do n-propanol e de 131 % do n-butanol na dose 6 KJ m<sup>-2</sup> em relação ao controle, este diferiu-se também do tratamento 3 KJ m<sup>-2</sup>. Nos vinhos Merlot, dos dezesseis alcoóis identificados, dois apresentaram diferença de concentração dentro desta cultivar entre os tratamentos. O composto 3-metil-1-pentanol teve um aumento de 35% na concentração na dose de 3 kJ m<sup>-2</sup> em relação a 0 KJ m<sup>-2</sup>, porém o tratamento com 6 kJ m<sup>-2</sup> não se diferiu dos demais. Já o propilenoglicol em dose 3 kJ m<sup>-2</sup> teve uma redução de 49% em relação ao controle.

Dentre os aldeídos e cetonas da cultivar Cabernet Sauvignon houve acréscimo de 89,6% na concentração do benzaldeído na dose 6 kJ m<sup>-2</sup> quando comparada a 0 kJ m<sup>-2</sup>, porém em dose de 3 kJ m<sup>-2</sup> não se diferiu significativamente das demais. A 2,3-pentanodiona, apresentou um aumento de 359,7 % na dose de 6 kJ m<sup>-2</sup> em relação ao controle, e não apresentou diferença em relação a de 3 kJ m<sup>-2</sup>. Nestas classes de compostos, não houve resposta de nenhum composto nos vinhos Merlot.

O éter 1,1-dietoxi-3-metil-butano apresentou um aumento de 356,5% na cultivar Cabernet Sauvignon a  $6 \text{ KJ m}^{-2}$  em relação o controle. No vinho Merlot não foi detectado nenhum composto desta classe. Em ambas as cultivares não houve diferença de concentração dos hidrocarbonetos e do furano encontrado. Entre os terpenos houve redução do D-limoneno no vinho Merlot na dose de  $3 \text{ KJ m}^{-2}$  em relação ao grupo controle, já a dose de  $6 \text{ KJ m}^{-2}$  não se diferiu de  $0 \text{ KJ m}^{-2}$ .

Os vinhos produzidos com uvas Cabernet Sauvignon contem 25 ésteres identificados, destes, dez apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. No tratamento  $6 \text{ kJ m}^{-2}$  houve um aumento de 284,5% no acetato de isobutila, 80,5% do butanoato de etila, 63,6 % do isovalerato de etila, 137,1% do decanoato de etila, 25% do succinato de dietila e 52,5 % do succinato de etila-3-metilbutila em relação ao controle. A  $3 \text{ kJ m}^{-2}$  de irradiação estes compostos não se diferenciaram do controle. Já o acetato de 3-metil-butila, octanoato de etila, e o acetato de feniletila apresentaram aumento na concentração média de 48,9%, 52,6% e 31,2%, respectivamente, no tratamento de  $6 \text{ kJ m}^{-2}$  em relação ao tratamento controle, porém em  $3 \text{ KJ m}^{-2}$  não se obervou diferenciação de nenhum dos demais tratamentos. Ainda o octanoato de isoamila apresentou uma concentração 106,9 % maior em  $3 \text{ KJ m}^{-2}$  que  $0 \text{ kJ m}^{-2}$ , não havendo diferença destes com  $6 \text{ KJ m}^{-2}$ .

Dos 22 ésteres presentes nos vinhos Merlot, cinco apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos: o acetato de 3-metil-butila e o octanoato de etila apresentam aumentos respectivos de 44,4% e 40,3% em  $3 \text{ kJ m}^{-2}$  em relação ao controle. No lactato de etila, o tratamento causou um aumento de 107% em  $3 \text{ kJ m}^{-2}$  em relação a  $0 \text{ kJ m}^{-2}$ , porém o tratamento de maior dose não se diferenciou dos demais. Já o nonoato de etila apresentou uma redução de concentração de 46 % na dose de  $6 \text{ KJ m}^{-2}$ , enquanto o octanoato de isoamila apresentou um aumento de 174,2% da concentração nesta dose de tratamento em relação ao controle. A classe química dos ésteres foi a que apresentou um maior aumento na concentração de compostos em ambas as cultivares.

Nos vinhos de Cabernet Sauvignon nota-se que dois ésteres derivados do ácido succinico, encontram-se aumentados na maior dose de exposição (succinato de dietila e succinato de etil 3-metil butila). Porém este ácido não foi mensurado, porque foi coeluído com outros compostos durante a cromatografia gasosa. Fato semelhante ocorreu com derivados do ácido octanóico, como o octanoato de etila e

o octanoato de isoamila, os quais encontram-se também aumentados, o primeiro em  $6 \text{ kJ m}^{-2}$  e o segundo em  $3 \text{ kJ m}^{-2}$ . O ácido octanóico não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, mas apresentou uma tendência de aumento de médias proporcional à irradiação.

Ainda na cultivar Cabernet Sauvignon houve o aumento de ésteres formados a partir do ácido 3-metil-butanóico (ácido isovalérico) e do 3-metilbutanol (álcool isoamílico). Estes, mesmo apresentando concentrações médias superiores em vinhos produzidos com uvas tratadas não diferiram entre os tratamentos. Já seus ésteres (isovalerato de etila, acetato de isoamila, octanoato de isoamila e succinato de etil 3-metilbutila) se diferiram estatisticamente nos vinhos produzidos com uvas tratadas com UV-C do grupo controle. Este aumento pode ser devido ao aumento da concentração de isoleucina e leucina, aminoácidos precursores desse álcool e ácido (PARESTELLO, et al.; 2006; FALQUÉ, et al; 2002). Além dos ésteres citados acima, outros ésteres apresentaram aumento significativo nos vinhos Cabernet Sauvignon, dois deles derivados do ácido acético e dois deles do etanol: o acetato de isobutila, butanoato de etila, decanoato de etila e acetato de feniletila.

Nos vinhos Merlot, houve um comportamento similar dos ésteres do ácido octanóico e do álcool isoamílico (octanoato de etila, octanoato de isoamila e acetato de isoamila), ocorrendo, no entanto, uma diferença importante: houve ainda o aumento do ácido isovalérico, mas não dos isovaleratos. Outras alterações de ésteres observadas nos tratamentos deste vinho foram o aumento do lactato de etila e diminuição do nonoato de etila.

Compostos esterificados, mesmo que presentes em uvas estão em baixas concentrações em relação às encontradas no vinho. Eles são basicamente formados durante a fermentação como subproduto do metabolismo das leveduras (CERDÁN et al., 2004; MAURIELO, et al., 2008; SELLI et al., 2004). Verificou-se neste estudo que houve um aumento na concentração dos ésteres, embora não tenha afetado significativamente a concentração de seu alcoóis e ácidos precursores em iguais proporções de maneira equivalente. No entanto o aumento dos ésteres pode ser decorrente do aumento dos aminoácidos leucina e isoleucina, considerados seus precursores. Estudos posteriores devem ser realizados para esclarecer esses aspectos.

A tabela 8 traz as notas olfativas sentidas por inalação dos compostos voláteis que tiveram suas concentrações aumentadas nos vinhos tratados com radiação UV-C.

Tabela 7 – Notas olfativas de compostos voláteis

Composto	Notas olfativas <sup>a</sup>
Ácido 3-metil-butanóico (ácido isovalérico)	Doce, queijo (4)
1-Propanol	Alcoólico, fresco (5)
1-Butanol (n-butanol)	Especiarias (2)
3-metil-1-pentanol	Cacau, frutado (2)
Benzaldeído	frutado, amêndoa (2)
2,3-Pentanodiona	creme, assado, raspberry (4)
Acetato de isobutila	frutado (1); doce, floral (3)
Butanoato de etila	kiwi, morango, queijo (1), banana (2)
Isovalerato de etila (3-metilbutanoato de etila)	queijo, frutado (1)
Acetato de 3-metil-butila (acetato de isoamila)	banana (1,2)
Lactato de etila	frutado, a leite (1), à gordura, doce (2)
Octanoato de etila	pele de maçã (1); coco (3)
Decanoato de etila	sopa, frutado (1)
Octanoato de isoamila	pera, (1)
Succinato de dietila	frutado (1,2), doce (2)
Acetato de feniletila	floral, oliva (1)

(a)Notas olfativas descritas ao composto pela literatura

\*(1) ANTALICK et al., 2010; (2) NIU et al., 2011; (3) GARRUTI et al., 2006; (4) COMUZZO, et al., 2006; (5); JIANG, et al., 2013.

Os vinhos da cultivar Cabernet Sauvignon em dose de 6 kJ m<sup>-2</sup> possivelmente apresentem notas aromáticas frutais mais pronunciados que os vinhos controle, pois houve um aumento significativo na concentração de muitos ésteres, como visto na tabela 6. De acordo com a tabela 7, que traz dados da literatura referentes às notas aromáticas dos compostos, a maioria dos compostos que apresentaram aumento de concentração possui este tipo de aromas.

Os vinhos Cabernet Sauvignon apresentaram um maior número de compostos voláteis que tiveram suas concentrações aumentadas que a cultivar Merlot. Contudo, as doses horméticas de cada cultivar foram diferentes. Cabernet Sauvignon teve uma melhor resposta em dose de 6 kJ m<sup>-2</sup>, enquanto a cultivar Merlot apresentou melhor resposta em 3 kJ m<sup>-2</sup>.



## 5 CONCLUSÃO

A irradiação ultravioleta não alterou a viscosidade dos vinhos Cabernet Sauvignon, não sendo possível apontar a dose hormética nesta cultivar. Já na cultivar Merlot, houve um aumento da viscosidade nas amostras tratadas com  $3 \text{ kJ m}^{-2}$ , sendo esta considerada a dose hormética para esta cultivar. Acredita-se que estes sejam mais viscosos, apresentem maior formação de lágrimas na taça e melhor qualidade das sensações produzidas por este produto na boca.

Houve um aumento da concentração de 15 compostos voláteis dos 60 presentes na cultivar Cabernet Sauvignon e de 5 dos 55 presentes nos vinhos Merlot. A dose hormética para Cabernet Sauvignon em relação a alteração de aromas, foi a de  $6 \text{ kJ m}^{-2}$ , enquanto que para a cultivar Merlot foi de  $3 \text{ kJ m}^{-2}$ .

Entre os principais compostos que apresentaram aumento de concentração estão os ésteres dos ácidos succínico, isovalérico e octanóico, bem como os do álcool isoamílico em ambas as cultivares. Assim, espera-se dos vinhos um aroma mais frutado.

A cultivar que melhor responde ao tratamento com UV-C nas doses estudadas, em relação aos compostos voláteis é a Cabernet Sauvignon, que teve um aumento de 25% de seus compostos voláteis, enquanto a cultivar Merlot apresentou mudanças em 18% dos mesmos.

Não houve diferença significativa dos açúcares totais, acidez total titulável, compostos fenólicos totais, antocianinas totais, atividade antioxidante e açúcares em nenhum tratamento, mostrando assim, que este tratamento não leva a perda da qualidade do produto.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, L. T. et al. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L.. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 394-400, [abr.-jun.] 2007.

ALVES, G. L.; FRANCO, M. R. B. Headspace gas chromatography–mass spectrometry of volatile compounds in murici (*Byrsonima crassifolia* Rich). **Journal of Chromatography A**, v. 985, p. 297–301. 2003.

ANTALICK, G. et al.; Development, validation and application of a specific method for the quantitative determination of wine esters by headspace-solid-phase microextraction-gas chromatography–mass spectrometry. **Food Chemistry**, v. 121, n.4, p. 1236–1245, 2010.

BARBA, C.; FLORES, G.; HERRAIZ, M. Stereodifferentiation of some chiral aroma compounds in wine using solid phase microextraction and multidimensional gas chromatography. **Food Chemistry**, v. 123, n. 3, p. 846-851, 2010.

BERLI, et al.; Abscisic acid is involved in the response of grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Malbec leaf tissues to ultraviolet-B radiation by enhancing ultraviolet-absorbing compounds, antioxidant enzymes and membrane sterols. **Plant, Cell and Environment**, v. 33, p. 1–10, 2010.

BERTAGNOLLI<sup>a</sup>, S. et al. Influência da maceração carbônica e da irradiação ultravioleta nos níveis de trans-resveratrol em vinhos de uva Cabernet Sauvignon. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n. 1, p. 71-77, [jan/mar] 2007.

BERTAGNOLLI<sup>b</sup>, S. et al. Evaluación físico-química y análisis sensorial en vinos tinto y blanco producidos a través de diferentes técnicas de vinificación, **Alimentaria**, v. 387, p. 99-106, 2007.

BOSCH-FUSTE, J. et al. Volatile profiles of sparkling wines obtained by three extraction methods and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis. **Food Chemistry**, v. 105, n. 1, p. 428-435, 2007.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995.

BRASIL. Portaria nº 229 de 25 de outubro de 1988, complementação dos padrões e qualidade e identidade do vinho. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31/10/1988, disponível no site:<[http://www.uvibra.com.br/legislacao\\_portaria229.htm](http://www.uvibra.com.br/legislacao_portaria229.htm)>. Acesso em: 21/01/2013.

BURIN, V. M. et al. Cabernet Sauvignon wines from two different clones, characterization and evolution during bottle ageing. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 9, p. 1931-1938, 2011.

CANTOS, E. et al. Postharvest UV-C irradiated grapes as a potencial source for producing stilbene enriched red wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 1208-1214, 2003.

CASTRO, R. et al. Comparative analysis of volatile compounds of 'fino' sherry wine by rotatory and continuous liquid-liquid extraction and solid-phase microextraction in conjunction with gas chromatography-mass spectrometry. **Analytica Chimica Acta**, v. 513, n. 1, p. 141-150, 2004.

CERDÁN, T. G. et al. Accumulation of volatile compounds during ageing of two red wines with different composition. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 3, p. 349–356, 2004.

COMUZZO, P. et al. Yeast derivatives (extracts and autolysates) in winemaking: Release of volatile compounds and effects on wine aroma volatility. **Food Chemistry**, v. 99, n.2, p. 217–230, 2006.

CHIRA, K. et al. Grape variety effect on proanthocyanidin composition and sensory perception of skin and seed tannin extracts from Bordeaux wine grapes (Cabernet Sauvignon and Merlot) for two consecutive vintages (2006 and 2007). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 2, p. 545–553, 2009.

DIFFEY, L. D. Sources and measurement of ultraviolet radiation, **Methods**, v. 28, p. 4-13, 2002.

FALQUÈ, E. et al. Volatile Components of Loureira, Dona Branca, and Treixadura Wines. **J. Agric. Food Chem.** v. 50, n. 3, p. 538–543, 2002.

FONSECA, J. M.; RUSHING, J. W. Effect of ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh-cut watermelon. **Postharvest Biology and Technology**, v. 40, p. 256–261, 2006.

FREDERICKS I. N.; TOIT M.; KRÜGEL M. Efficacy of ultraviolet radiation as an alternative technology to inactivate microorganisms in grape juices and wines. **Food Microbiology**, v. 28, p. 510-517, 2011.

GALLICE, W. C.; MESSERSCHMIDT, I; PERALTAZAMORA, P. Caracterização espectroscópica multivariada do potencial antioxidante de vinhos. **Quim. Nova**, v. 34, n. 3, p 397-403, 2011.

GARRUTI, D. S. Assessment of aroma impact compounds in a cashew apple-based alcoholic beverage by GC-MS and GC-olfactometry. **LWT**, v. 39, p. 372–377, 2006.

GIL, M. et al. Metabolism of terpenes in the response of grape (*Vitis vinifera* L.) leaf tissues to UV-B radiation. **Phytochemistry**, v. 77, p. 89–98, 2012.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, F1.2.1-F1.2.13, 2001.

GOMEZ, P. L. et al. Effect of ultraviolet-C light dose on quality of cut-apple: Microorganism, color and compression behavior. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 60–70, 2010.

GONZÁLEZ-BARRIO, R. et al. Preparation of a resveratrol-enriched grape juice based on ultraviolet C-treated berries. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, n. 3, p. 374-382, 2009.

GOODNER, K. L. Practical retention index models of OV-101, DB-1, DB-5, and DB-Wax for flavor and fragrance compounds. **LWT**, v. 41, p. 951–958, 2008.

GUERRERO a, R. F. et al. UVC-treated skin-contact effect on both white wine quality and resveratrol content. **Food Research International**, v. 43, n. 8, p. 2179-2185, 2010.

GUERRERO<sup>b</sup>, R. F. et al. Induction of stilbenes in grapes by UV-C: Comparison of different subspecies of *Vitis*. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 11, n. 1, p. 231–238, [January] 2010.

GUERRERO<sup>c</sup>, R. F. et al. Monitoring the process to obtain red wine enriched in resveratrol and piceatannol without quality loss. **Food Chemistry**, v. 122, n.1, p. 195–202, 2010.

GUTIERREZ, I. H. et al. Phenolic composition and magnitude of copigmentation in young and shortly aged red wines made from the cultivars Cabernet Sauvignon, Cencibel, and Syrah. **Food Chemistry**, v. 92, n. 2, p. 269-283, 2005.

HERNÁNDEZ, A. M.; PRIETO GONZÁLES, E .A. Plantas que contienen polifenoles. **Revista Cubana de Investigaciones Biomedica**, Ciudad de la Habana, v. 18, n. 1, p. 12-14, 1999.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, 4. ed. São Paulo, 2008. p. 354, 421 - 425, 564. Disponível em: <[http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial\\_2008.pdf](http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf)>. Acesso em: 05 ago. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DO VINHO. **Dados estatísticos**. Bento Gonçalves, 2013. Disponível em <<http://www.ibravino.org.br/cadastroviticola.php?secao=2&m2=true>>. Acesso em: 10/03/2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **O que é UV?**. em <<http://satelite.cptec.inpe.br/uv/#>> acesso em 14/04/2013. Acesso em: 25/02/2013.

JIANG, B. et al. Comparison on aroma compounds in Cabernet Sauvignon and Merlot wines from four wine grape-growing regions in China. **Food Research International**, v. 51, p. 482–489, 2013.

JONES, P. R. et al. The influence of interactions between major white wine components on the aroma, flavour and texture of model white wine. **Food Quality and Preference**, v. 19, n. 6, p. 596–607, 2008.

KING, E. S. et al. The influence of alcohol on the sensory perception of red wines. **Food Quality and Preference**, v. 28, p. 235–243, 2013.

KOYOMA, K. et al. Light quality affects flavonoid biosynthesis in young berries of Cabernet. **Phytochemistry**, v. 78, p. 54–64, 2012.

KOSMERL, T. et al. The rheological properties of Slovenian wines. **Journal of Food Engineering**, v. 46, p. 165-171, 2000.

LAMIKANRA, O. et al. Ultraviolet induced stress response in fresh cut cantaloupe. **Phytochemistry**, v. 60, n. 1, p. 27-32, 2002.

LOPEZ, N. et al. Effect of a pulsed electric field treatment on the anthocyanins composition and other quality parameters of Cabernet Sauvignon freshly fermented model wines obtained after different maceration times. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 1225–1231, 2009.

LORRAIN, B.; CHIRA, K.; TEISSEDE, P. L. Phenolic composition of Merlot and Cabernet-Sauvignon grapes from Bordeaux vineyard for the 2009-vintage: Comparison to 2006, 2007 and 2008 vintages. **Food Chemistry**, v. 126, n. 4, p. 1991-1999, 2011.

MAURIELLO, G. et al. SPME–GC method as a tool to differentiate VOC profiles in *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts. **Food Microbiology**, v. 26, p. 246–252, 2009.

MIELE, A; RIZZON, L. A. Efeito de elevadas produtividades do vinhedo nas características físico-químicas e sensoriais do vinho Merlot. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 271-278, [jan-fev] 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Uvas**. Brasília, DF, 2013. em <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/uva>> acesso em 12/01/2013.

MONAGAS, M. et al. Effect of the modifier (Graciano vs. Cabernet Sauvignon) on blends of Tempranillo wine during ageing in the bottle. I. Anthocyanins, pyranoanthocyanins and non-anthocyanin phenolics. **LWT - Food Science and Technology**, v. 39, n. 10, p. 1133-1142, 2006.

NELSON, N. A. Photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-380, 1944.

NIU, Y. et al. Characterization of odor-active compounds of various cherry wines by gas chromatography–mass spectrometry, gas chromatography–olfactometry and their correlation with sensory attributes. **Journal of Chromatography B**, v. 879, p. 2287– 2293, 2011.

ORLANDO, T. G. S. et al. Comportamento das cultivares Cabernet Sauvignon e Syrah em diferentes porta-enxertos. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 749-755, [maio/jun.] 2008.

ORTEGA-HERAS, M. Aroma composition of wine studied by different extraction methods. **Analytica Chimica Acta**, v. 458, p. 85–93, 2002.

ORTON, C. G. **Radiation dosimetry- physical and biological aspects**. Plenum Publishing Co, New York, 1986. 313p

PERESTRELO, R. et al. Analytical characterization of the aroma of Tinta Negra Mole red wine: Identification of the main odorants compounds. **Analytica Chimica Acta**. v. 563, p. 154–164, 2006.

PINELO, M.; ARNOUS, A.; MEYER, A. S. Upgrading of grape skins: Significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, p. 579-590, 2006.

PÖTTER, G. H. et al.; Desfolha parcial em videiras e seus efeitos em uvas e vinhos Cabernet Sauvignon da região da Campanha do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 9, p. 2011-2016, [set] 2010.

PUÉRTOLAS, E. et al. Improvement of winemaking process using pulsed electric fields at pilot-plant scale. Evolution of chromatic parameters and phenolic content of Cabernet Sauvignon red wines. **Food Research International**, v. 43, n. 3, p. 761–766, 2010.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Handbook of Enology - Volume 2: The Chemistry of Wine**. 2 ed. John Wiley and Sons, 2006.

RIVERA-PASTRANA, D. M. et al. Efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas. **Rev. Fitotec. Mex.**, v. 30, n. 4, p. 361-372, 2007.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Cabernet sauvignon para elaboração de vinho tinto. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 22, n. 2, p.192-198, [maio-ago]. 2002.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Merlot para elaboração de vinho tinto. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 23, p.156-161,[dez] 2003.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Características analíticas de vinhos Merlot da Serra Gaúcha, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n.6, p.1913-1916, [set] 2009.

RIU-AUMATELL, M. et al. Development of volatile compounds of cava (Spanish sparkling wine) during long ageing time in contact with lees. **Food Chemistry**, v. 95 p. 237–242, 2006.

SAN-JUAN, F.; Producing headspace extracts for the gas chromatography–olfactometric evaluation of wine aroma. **Food Chemistry**, v. 123, p. 188–195, 2010.

SANTOS, C. E. I. et al. Elemental characterisation of Cabernet Sauvignon wines using Particle-Induced X-ray Emission (PIXE). **Food Chemistry**, v. 121, n.1, p. 244 – 250, 2010.

SATO, M.; BAGCHI D.; TOSAKI, A.; DAS, D.K. Grape seed proanthocyanidin reduces cardiomyocyte apoptosis by inhibiting ischemia/reperfusion-induced activation of JNK-1 and C-JUN. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 31, n. 6, p. 729–737, 2001.

SAUTTER, C. K. et al. Determinação de resveratrol em sucos de uva no Brasil. **Tecnol. Aliment.**, v. 25, n. 3, p. 437-442, 2005.

SAUTTER, C. K. et al. Síntese de trans-resveratrol e controle de podridão em maçãs com uso de elicitores em pós-colheita; **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 43, n. 9, p.1097-1103, [set] 2008.

SELLI, S. et al. Volatile composition of red wine from cv. Kalecik Karasi grown in central Anatolia. **Food Chemistry**, v. 85 n. 2, p. 207–213, 2004.

SHAMA, G.; ALDERSON, P. UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialization. **Trends in Food Science & Technology**. v. 16, p. 128–136, 2005.



SHAMA, G. Process challenges in applying low doses of ultraviolet light to fresh produce for eliciting beneficial hormetic responses. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, p. 1–8, 2007.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144–158, 1965.

SOARES, M. et al.; Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 1, p. 59-64, [Março] 2008.

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

SUN, Y. et al. Determination of potentially anti-carcinogenic flavonoids in wines by micellar electrokinetic chromatography. **Food Chemistry**, v. 106, n. 1, p. 415-420, 2008.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. food quality and preference. **Food Quality and Preference**, v. 13, n. 4, p. 215–225, 2002.

TAO, Y.S.; LIU, Y.Q.; L.I.H. Sensory characters of Cabernet Sauvignon dry red wine from Changli County (China). **Food Chemistry**, v. 114, n. 2, p. 565-569, 2008.

TEBIB, K.; ROUANET, J.M.; BESANCON, P. Antioxidant effects of dietary polymeric grape seed tannins in tissues of rats fed a high cholesterol-vitamin E-deficient diet. **Food Chemistry**, v. 59, n. 1, p.135-141, 1997.

UENOJO, M. et al. Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. **Quim. Nova**, v. 30, n. 2, p. 388-394, 2007

VILLIERS, A. et al. Analytical techniques for wine analysis: An African perspective; a review. **Analytica Chimica Acta**, v. 730, p. 2–23, 2012.

XI, Z. et al. Impact of cover crops in vineyard on the aroma compounds of *Vitis vinifera* L.cv Cabernet Sauvignon wine. **Food Chemistry**, v.127, n. 2, p. 516–522, 2011.

YANNIOTIS, S. et al. Effect of ethanol, dry extract and glycerol on the viscosity of wine. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 2, p. 399–403, 2007.

ZHANG, W. J. et al., The effect of ultraviolet radiation on the accumulation of medicinal compounds in plants. **Fitoterapia**, v. 80, p. 207–218, 2009.

ZHANG, Z. Z. et al. Three types of ultraviolet irradiation differentially promote expression of shikimate pathway genes and production of anthocyanins in grape berries. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 57, p. 74-83, 2012.

ZHU-MEY, X. et al. The effect of vineyard cover crop on main monomeric phenols of grape berry and wine in *Vitis Vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon, **Agricultural Sciences in China**, v. 9, n. 3, p. 440-448, 2010.