

LEONARDO SILVA CAMPOS

**COMPONENTES DE PRODUÇÃO, FISIOLOGIA E COMPOSIÇÃO FÍSICO-
QUÍMICA DA UVA 'MERLOT' CONDUZIDA NOS SISTEMAS DE ESPALDEIRA E
LIRA MODULÁVEL NA REGIÃO DA SERRA GAÚCHA**

Botucatu

2025

LEONARDO SILVA CAMPOS

**COMPONENTES DE PRODUÇÃO, FISIOLOGIA E COMPOSIÇÃO FÍSICO-
QUÍMICA DA UVA 'MERLOT' CONDUZIDA NOS SISTEMAS DE ESPALDEIRA E
LIRA MODULÁVEL NA REGIÃO DA SERRA GAÚCHA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, como exigência para obtenção do título de Mestre em Agronomia/Horticultura.

Orientador: Marco Antonio Tecchio

Coorientador: Giuliano Elias Pereira

Botucatu

2025

C198c	<p>Campos, Leonardo Silva</p> <p>Componentes de produção, fisiologia e composição físico-química da uva 'Merlot' conduzida nos sistemas de espaladeira e lira modulável na região da Serra Gaúcha / Leonardo Silva Campos. -- Botucatu, 2025</p> <p>96 p.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu</p> <p>Orientador: Marco Antonio Tecchio</p> <p>Coorientador: Giuliano Elias Pereira</p> <p>1. Vitis vinífera L.. 2. viticultura. 3. produtividade. 4. UPLC/MS. 5. compostos fenólicos. I. Título.</p>
-------	--



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

COMPONENTES DE PRODUÇÃO, FISIOLOGIA E COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA UVA 'MERLOT' CONDUZIDA NOS SISTEMAS DE ESPALDEIRA E LIRA MODULÁVEL NA REGIÃO DA SERRA GAÚCHA

AUTOR: LEONARDO SILVA CAMPOS

ORIENTADOR: MARCO ANTONIO TECCHIO

COORIENTADOR: GIULIANO ELIAS PEREIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Horticultura), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCO ANTONIO TECCHIO (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu UNESP

Pesquisador Dr. HENRIQUE PESSOA DOS SANTOS (Participação Virtual)
Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Uva e Vinho

Prof. Dr. MARCELO DE SOUZA SILVA (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas - Unesp

Botucatu, 26 de fevereiro de 2025.

Dedico esse trabalho ao meu avô José Francisco Campos (*in memoriam*), meu grande exemplo de caráter, que me ensinou valores importantes que levarei pelo resto da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me permitir viver esse momento no universo, e a meus pais Ana Paula e João Roberto, alicerces fundamentais em minha formação moral e ética, obrigado pelo carinho e apoio.

Ao meu orientador, professor Dr. Marco Antonio Tecchio, grande exemplo de profissional, pela amizade, conhecimentos compartilhados e por todas as oportunidades que me ofereceu.

Ao meu coorientador, Dr. Giuliano Elias Pereira, grande exemplo de profissional, pela confiança, ensinamentos, conselhos, amizade e oportunidades oferecidas.

Aos professores da UNESP/FCA, pela disponibilidade e os vários ensinamentos nos momentos de dúvidas.

À equipe de enologia 2021/2024, Dr.^a Juliane Barreto de Oliveira, Celso Ruiz de Oliveira, Edgardo, Daniel e Carlos pela parceria, disponibilidade e amizade.

Aos colegas da microvinificação da EMBRAPA Uva e Vinho, Adriano Mazzarolo, Anevir Marin, Adriano Carvalho e Almir, pela paciência e todos os ensinamentos.

Ao amigo Rogerio, pelo apoio e ajuda para poder realizar o sonho de conhecer o Sul do Brasil e estagiar em viticultura e enologia na EMBRAPA Uva e Vinho, bem como outras realizações.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho (CNPUV), por ter permitido a execução do trabalho.

À UNESP/FCA em especial ao curso de Pós-graduação em Agronomia/Horticultura, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado e esta pesquisa.

A todos meus amigos de jornada e a todas as pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram para o meu desenvolvimento, minha gratidão.

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

“[...] É preciso ter o caos dentro de si, para poder dar à luz a uma estrela dançante.”

Friedrich Nietzsche, Assim Falou Zaratustra.

RESUMO

A Serra Gaúcha é a principal região produtora de vinhos no Brasil, com a cultivar Merlot se destacando. A escolha do sistema de condução é crucial para o sucesso vitícola, influenciando a distribuição do dossel, a produtividade e a qualidade das uvas. Este estudo avaliou o impacto de sistemas de condução em espaldeira e lira modulável (20°, 30° e 40°) no desempenho agrônomico e fisiológico em videiras, e físico-químicas de uvas 'Merlot'. O experimento foi realizado em vinhedo implantado na Embrapa Uva e Vinho, em Bento Gonçalves, RS, com a cultivar Merlot implantada em 2018, enxertada sobre porta-enxerto Paulsen 1103, conduzidas verticalmente em duplo cordão esporonado. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas no tempo, avaliando os ciclos produtivos 2021/22 e 2022/23. As variáveis avaliadas foram: componentes de produção (número ramos planta⁻¹, número de cachos planta⁻¹, número cachos ramo⁻¹, massa cachos planta⁻¹ e da parte aérea na poda, índice de ravaz, área foliar, produção, produtividade), trocas gasosas (taxa líquida de assimilação de CO₂, condutância estomática, taxa de transpiração, eficiência de carboxilação da enzima rubisco, concentração intercelular de CO₂, temperatura foliar e do ar, índices de clorofila a e b e DFFFA), composição química (pH, sólidos solúveis, acidez titulável e índice de maturação) e composição fenólica das uvas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Os sistemas de condução em lira modulável apresentaram maior área foliar e maior produtividade em comparação à espaldeira, sem apresentar diferenças fisiológicas significativas. Uvas produzidas em lira 20° no ciclo 2022/23 apresentaram os maiores teores de antocianinas totais (698,19 mg kg⁻¹) e cianidina-3-O-glucosíde (99,37 mg kg⁻¹), enquanto no ciclo 2021/22 o menor teor do mesmo composto foi observado em espaldeira (41,40 mg kg⁻¹). Os maiores teores de flavanóis totais foram nas uvas da lira 40° em ambos os ciclos (6,29 mg kg⁻¹ em 2022/23 e 8,83 mg kg⁻¹ em 2022/23). Os maiores teores totais de flavonóis, flavanonol e estilbeno nas uvas Merlot foram em lira 30° (6,54 mg kg⁻¹ em 2022/23) e lira 40° (6,01 mg kg⁻¹ em 2021/22), elevando os teores em até 41% em comparação à espaldeira. Os sistemas de condução em lira modulável apresentaram componentes de qualidade enológica, como sólidos solúveis e acidez titulável nas uvas, similares às do sistema de condução em espaldeira, sendo, portanto, recomendada para a produção de vinhos na região da Serra Gaúcha.

Palavras-chave: *Vitis vinífera* L.; viticultura; produtividade; UPLC/MS; compostos fenólicos.

ABSTRACT

The Serra Gaúcha is the main wine-producing region in Brazil, with the Merlot cultivar standing out. The choice of the training system is crucial for viticultural success, influencing canopy distribution, yield, and grape quality. This study evaluated the impact of vertical shoot positioning (VSP) and the foldable lyre training systems (at 20°, 30°, and 40° angles) on the agronomic and physiological performance of grapevines, as well as on the physical-chemical properties of 'Merlot' grapes. The experiment was conducted in a vineyard established at Embrapa Uva e Vinho in Bento Gonçalves, RS, with the Merlot cultivar planted in 2018, grafted onto Paulsen 1103 rootstock, and vertically trained using a double spur-pruned cordon system. The experimental design was a completely randomized design with split plots over time, evaluating the 2021/22 and 2022/23 growing seasons. The variables assessed included: production components (number of shoots per plant, number of clusters per plant, number of clusters per shoot, cluster mass per plant, pruning mass of the aerial part, Ravaz index, leaf area, production, yield), gas exchange (net CO₂ assimilation rate, stomatal conductance, transpiration rate, Rubisco enzyme carboxylation efficiency, intercellular CO₂ concentration, leaf and air temperature, chlorophyll a and b indices, and DFFFA), chemical composition (pH, soluble solids, titratable acidity, and maturity index), and phenolic composition of the grapes. Data were subjected to analysis of variance, and means were compared using Tukey's test at a 5% significance level. The lyre training systems showed greater leaf area and higher yield compared to the VSP system, without significant physiological differences. Grapes produced under the 20° lyre system in the 2022/23 season had the highest total anthocyanin content (698.19 mg kg⁻¹) and cyanidin-3-O-glucoside (99.37 mg kg⁻¹), whereas in the 2021/22 season, the lowest content of the same compound was observed under VSP (41.40 mg kg⁻¹). The highest total flavanol content was found in grapes from the 40° lyre system in both seasons (6.29 mg kg⁻¹ in 2022/23 and 8.83 mg kg⁻¹ in 2021/22). The highest total contents of flavonols, flavanonols, and stilbenes in Merlot grapes were observed under the 30° lyre system (6.54 mg kg⁻¹ in 2022/23) and the 40° lyre system (6.01 mg kg⁻¹ in 2021/22), increasing the content by up to 41% compared to the VSP system. The foldable lyre training systems showed similar enological quality components, such as soluble solids and titratable acidity, to those of the VSP system and are therefore recommended for wine production in the Serra Gaúcha region.

Keywords: *Vitis vinifera* L.; viticulture; productivity; UPLC/MS; phenolic compounds.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sistemas de condução em espaldeira e liras (20°,30° e 40°) com a cv. Merlot conduzida na região de Bento Gonçalves, Serra Gaúcha/RS.	32
Figura 2 - Ilustração de condução em lira modulável e em espaldeira (A) e mecanismo de modulação da lira (B).	33
Figura 3 - Relação entre área foliar (cm ²) e comprimento da nervura principal (cm) da folha de videira, cultivar Merlot no ciclo de produção 2022/23.	38
Figura 4 - Precipitação pluvial e temperatura mínima, média e máxima nos meses fevereiro de 2022 e 2023 na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS	45
Figura 5 - Radiação solar (KJ m ⁻²) ocorridas no mês de fevereiro de 2022 e 2023 na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.	46

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Dada da poda, data de colheita, duração do ciclo em dias, acúmulo de Graus-Dia, temperatura média do ciclo de produção, temperatura média do mês de janeiro, radiação global no mês de janeiro e pluviosidade total do ciclo de produção da cultivar Merlot, em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.....43
- Tabela 2 - Índices de clorofila a, clorofila b e clorofila total, taxa líquida de assimilação de CO₂, concentração intercelular de CO₂, eficiência de carboxilação da enzima Rubisco, temperatura do ar e da folha da cv. Merlot Noir, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.....48
- Tabela 3 - Condutância estomática ao vapor d'água, taxa de transpiração e eficiência do uso de água da cv. Merlot, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.....50
- Tabela 4 - Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) acumulado na região do dossel da cv. Merlot em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.....52
- Tabela 5 - Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) acumulado na região dos cachos da cv. Merlot, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.....53
- Tabela 6 - Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) na entrelinha cv. Merlot Noir, voltada ao sol, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves.....54
- Tabela 7 - Massa de poda, área foliar, razão área foliar e produção, índice de Ravaz, número de cachos ramo⁻¹ e massa de cachos da cv. Merlot em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.55

Tabela 8 - Produção, número de ramos planta ⁻¹ , número de cachos planta ⁻¹ e produtividade da cv. Merlot em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.....	57
Tabela 9 - Teor de sólidos solúveis, acidez titulavel (AT) e índice de maturação no mosto da uva cv. Merlot no momento da colheita, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.	60
Tabela 10 - pH do mosto da uva cv. Merlot em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.....	62
Tabela 11 - Teor de antocianinas individuais e totais nos extratos de película e polpa das uvas analisados por UPLC/MS, na cv. Merlot em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.	67
Tabela 12 - Teor de flavonóis individuais, flavanonol e estilbeno, e total flavonóis e estilbeno, em extratos de película e polpa das uvas analisados por UPLC/MS, da cv. Merlot em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.....	71
Tabela 13 - Teor de flavanóis e procianidinas individuais, e totais em extratos de película e polpa das uvas analisados por UPLC/MS, na cv. Merlot, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.	75
Tabela 14 - Teor de ácido caftárico em extratos de película e polpa das uvas analisado por UPLC/MS, da cv. Merlot, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.....	76
Tabela 15 - Teor de fenólicos totais em extratos de película e polpa das uvas analisado por UPLC/MS, da cv. Merlot, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.....	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1	PANORAMA DA VITICULTURA MUNDIAL E BRASILEIRA.....	23
2.2	VITIVINICULTURA NA SERRA GAÚCHA, RS.....	24
2.3	A CULTIVAR MERLOT E SUA INTRODUÇÃO NA SERRA GAÚCHA.....	25
2.4	SISTEMA DE CONDUÇÃO NA CULTURA DA VIDEIRA.....	26
2.5	COMPOSTOS FENÓLICOS NAS UVAS.....	28
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	31
3.2	DELINEAMENTOS EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	31
3.3	MANEJO DE PODAS E TRATOS CULTURAIS.....	33
3.4	DADOS METEOROLÓGICOS.....	34
3.5	TROCAS GASOSAS.....	34
3.6	DENSIDADE DE FLUXO DE FÓTONS FOTOSSINTETICAMENTE ATIVOS (DFFFA) ACUMULADA NA REGIÃO DO DOSSEL E NOS CACHOS, E VOLTADA AO SOL.....	35
3.7	DESEMPENHO AGRONÔMICO.....	36
3.8	DETERMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE FOLIAR.....	37
3.9	DETERMINAÇÃO DO PONTO DE COLHEITA DAS UVAS.....	38
3.10	CARACTERIZAÇÃO ENOLÓGICA DO MOSTO DAS UVAS.....	39
3.11	DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS POR UPLC/MS.....	40
3.11.1	<i>Preparação de extratos de película e polpa</i>	40
3.11.2	<i>Preparo das amostras de uvas para análise por cromatografia</i>	40
3.11.3	<i>Método de análises por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (UPLC/MS)</i>	40
3.12	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	DURAÇÃO DO CICLO.....	43
4.2	TROCAS GASOSAS.....	47
4.3	DENSIDADE DE FLUXO DE FÓTONS FOTOSSINTETICAMENTE ATIVOS	

	(DFFFA) NA REGIÃO DO DOSEL E DOS FRUTOS, E VOLTADA AO SOL.....	52
4.4	DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTIVAR MERLOT.....	55
4.5	PERFIL ENOLÓGICO DO MOSTO DAS UVAS NO PONTO DE COLHEITA.....	60
4.6	COMPOSTOS FENÓLICOS INDIVIDUAIS E TOTAIS DOS EXTRATOS DE PELÍCULA E POLPA.....	62
4.6.1	<i>Antocianinas</i>	62
4.6.2	<i>Flavonóis, flavanonois e estilbenol</i>	68
4.6.3	<i>Flavonóis e procianidinas</i>	72
4.6.4	<i>Ácido caftárico</i>	76
4.6.5	<i>Teor total de compostos fenólicos</i>	77
5	CONCLUSÃO	80
	REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

A videira é uma das espécies frutíferas mais importantes e de significativo valor econômico no mundo (Colodel *et al.*, 2020; Xyrafis; Gambetta; Biniari, 2023), e a indústria do vinho tem um grande impacto na economia mundial (Rouxinol *et al.*, 2023). No Brasil, o estado do Rio Grande do Sul se destaca na produção nacional de uvas. A Serra Gaúcha é a principal e mais tradicional e representativa região produtora de vinhos e sucos no Brasil (Pereira *et al.*, 2020b).

Dentre as cultivares viníferas tintas no estado do Rio Grande do Sul, a cv. Merlot é a segunda mais plantada, superada apenas pela Cabernet Sauvignon (Susin; Silvestre; Cocco, 2022). Esta cultivar representa, atualmente, cerca de 50% dos vinhos tintos finos produzidos na região da Serra Gaúcha, com expressividade em seus vinhos (Mattos Rocha *et al.*, 2022).

Além da importância econômica da vitivinicultura, também merecem destaque as propriedades nutracêuticas da uva e do vinho. As uvas (*Vitis vinífera* L.) e seus derivados, como o vinho, são fontes ricas em compostos bioativos que promovem benefícios à saúde, incluindo a redução do risco de doenças cardiovasculares relatados em diversos estudos envolvendo o setor vitícola (Teissedre *et al.*, 2018; Wijekoon *et al.*, 2022). Devido à sua capacidade de neutralizar radicais livres, esses compostos aumentam a atividade antioxidante e ajudam a prevenir a oxidação celular (Rodríguez Montealegre *et al.*, 2006; Martín *et al.*, 2017; Vinha *et al.*, 2023).

A escolha do sistema de condução é um dos principais fatores para o sucesso de qualquer empreendimento vitícola, devendo ser considerada em conjunto com uma variedade de outros aspectos essenciais no manejo do vinhedo (Câmara *et al.*, 2020; Würz; Marcon Filho; Rufalo, 2021). Dentre estes, desacatam-se a: eficiência na aplicação de produtos fitossanitários, a localização do vinhedo, a exposição da planta a luz solar, o fornecimento de suporte a planta e ser compatível com a condição de manejo e investimento no vinhedo (Carbonneau; Deloire; Jaillard, 2007; Creasy; Creasy, 2009).

A escolha apropriada do sistema de condução auxilia na distribuição espacial dos cordões e da área foliar. Como resultado, a planta tende a apresentar boa ventilação e exposição solar adequada para o crescimento, altas produtividades e boa qualidade das uvas (Zohar *et al.*, 2024). Segundo Dobrei *et al.* (2016), existe uma

relação inversa, entre altas produtividades e a qualidade da uva relacionada ao teor de sólidos solúveis e compostos fenólicos. Altas produtividades reduz o potencial enológico da uva, causando perda de qualidade e tipicidade no vinho elaborado.

Com a expansão das regiões vitícolas, vários estudos estão sendo realizados a fim de tornar o setor mais sustentável, aumentando a produtividade dos vinhedos com a manutenção da qualidade da uva e do vinho.

O sistema de condução em lira modulável é capaz de elevar a produtividade das videiras, mantendo o potencial enológico das uvas para processamento. A lira modulável é inédita no Brasil, implantada pela Embrapa Uva e Vinho em 2017, em parceria com o seu criador, o renomado pesquisador francês Alain Carbonneau do INRA, Montpellier-França. Este sistema de condução aumenta o rendimento das videiras, com a manutenção da qualidade da uva para produção de vinhos (Carbonneau *et al.*, 2004; Carbonneau; Deloire; Jaillard, 2007; Ferrer-Gallego *et al.*, 2024).

Sendo assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito dos sistemas de condução de espaldeira e lira modulável, nas angulações de 20°, 30° e 40° sobre o potencial de produção e fisiológico de videiras, bem como a composição físico-química de uvas da cv. Merlot, na região da Serra Gaúcha.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PANORAMA DA VITICULTURA MUNDIAL E BRASILEIRA

Em 2022, a produção mundial de uvas frescas foi superior a 80 milhões de toneladas, em uma área cultivada de vinhedo, aproximadamente, 7,3 milhões de hectares (OIV, 2022). Da quantidade total produzida mundialmente, cerca, 50% foram destinadas ao processamento, principalmente vinhos (34 milhões de toneladas), o que resultou em mais de 250 hectolitros da bebida e 3.2 milhões de toneladas destinadas a outros derivados como sucos e mostos (OIV, 2022).

O Brasil é um país com dimensões continentais, possuindo área superior a 8,5 milhões de km², e atualmente apresenta mais de 77.000 ha de videiras (IBGE, 2023). Caracteriza-se pela grande diversidade e tipos de viticultura, em condições de clima temperado ao tropical, com variações nas condições edafoclimáticas e manejo no vinhedo, resultando em diferentes tipicidades, e com diferentes ciclos de produção (Pereira *et al.*, 2020b).

No Brasil, produção de uvas em 2021, foi superior a 1.600 milhões de toneladas, dos quais 951 mil toneladas foram produzidas pelo Rio Grande do Sul. Foram produzidos 616,32 milhões de litros de vinhos, sucos e derivados, sendo 43,47 milhões de litros de vinhos finos (Mello; Machado, 2022).

Em 2022, o Estado do Rio Grande do Sul representou aproximadamente, a 61,1% da área vitícola do Brasil (46 mil ha) e atingiu uma participação de 50,7% na produção nacional de uvas (Protas; Lazzarotto; Machado, 2024). O estado representa 85% da produção nacional de espumantes e 90% da produção nacional de vinhos e sucos de uvas, totalizando mais de 600 milhões de litros produzidos, incluindo vinhos, sucos e outros derivados (Mello; Machado, 2022).

A viticultura brasileira teve início no século XVI com a chegada dos portugueses, apenas como produção doméstica. A partir do início do século XIX, a viticultura apresentou maior importância econômica no sul do Brasil, com o desenvolvimento de polos vitícolas em função da imigração italiana, que chegaram principalmente no estado de Rio Grande do Sul no ano 1875.

Os primeiros cultivos sustentáveis foram com cultivares de *Vitis labrusca* com destaque para a cultivar Isabel, visto que as cultivares *V. viniferas* apresentavam

susceptibilidade as doenças fúngicas, principalmente o míldio (*Plasmopara vitícola*) e a antracnose (*Elsinoe ampelina*) (Protas; Camargo; Mello, 2006).

Segundo Protas, Camargo e Mello (2006), a partir do século XX, com a introdução e o desenvolvimento dos fungicidas sintéticos para controle efetivo das doenças fúngicas, os cultivos de videiras *Vitis vinifera* L. foram ampliados no estado do Rio Grande do Sul, visando a elaboração de vinho, e a diversificando dos produtos nacionais.

A Serra Gaúcha, principal região produtora de uvas e vinho no Brasil, caracteriza-se pela vitivinicultura tradicional, com um único ciclo de produção por ano, com uma poda e uma colheita, onde as primeiras Indicações Geográficas de vinhos foram implementadas (Oliveira Fogaça; Daudt, 2012, Pereira *et al.*, 2020b; Protas; Lazzarotto; Machado, 2024).

A região se destaca pela produção de uvas para processamento, principalmente de cultivares americanas, com destaque para a cv. Isabel, além da produção de cultivares *V. vinifera* L., destinada para elaboração de vinhos finos e espumantes (Fioravanço, 2018; Pereira *et al.*, 2020b). Em 2019, esta região foi responsável por 85% da produção nacional de vinhos, sendo 80% de *V. labrusca* e 20% de *V. vinifera* L (Pereira *et al.*, 2020b; Mattos Rocha *et al.*, 2022).

Os vinhos da Serra Gaúcha apresentam variações nas características e na tipicidade, proporcionadas por diferentes “*terroirs*”, palavra de origem francesa e adotada mundialmente por representar a tríplice união dos fatores: clima, solo e homem (manejo) (Carbonneau *et al.*, 2015, Pereira *et al.*, 2020a).

Com importância econômica e social, na maioria das regiões produtoras de uva do Brasil, a viticultura constitui uma importante fonte emprego e renda, entre pequenas e grandes propriedades.

2.2 VITIVINICULTURA NA SERRA GAÚCHA, RS

A Serra Gaúcha é composta por 18 municípios, sendo que a mais conhecida, considerada a capital nacional do vinho, é Bento Gonçalves, que representa mais de 60% da área delimitada para a Denominação de Origem Vale dos Vinhedos (Mello; Machado, 2015; Tonietto *et al.*, 2022). É uma região montanhosa e com clima, segundo a classificação de Köppen do tipo Cfb (temperado húmido), sem estação seca definida e com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C (Junges; Tonietto, 2022; Mattos Rocha *et al.*, 2022).

A região é caracterizada por um relevo acidentado, com solos rasos e pedregosos, predominando as classes de cambissolo e argissolos (Flores *et al.*, 2012).

A região está localizada na Encosta Superior da Serra do Nordeste do estado, a nordeste da cidade de Caxias do Sul, seguindo pela cidade de Farroupilha até Garibaldi, recortado ao sul, oeste e norte pela rede hidrográfica formada pelas bacias dos rios Caí e Antas (Falcade; Mandelli, 1999).

A Serra Gaúcha apresenta entre 400 e 700 m de altitude, com média anual de pluviosidade de aproximadamente 1.700 mm e medias mensais de temperatura entre 16°C e 18°C (Falcade; Mandelli, 1999; Flores *et al.*, 2012).

2.3 A CULTIVAR MERLOT E SUA INTRODUÇÃO NA SERRA GAÚCHA

Originária da região de Bordeaux, na França, a cultivar Merlot (*Vitis vinífera* L.) é amplamente difundida pelo mundo e está presente em 37 países, sendo uma das cultivares de uvas tintas mais reconhecidas no mundo (Lorrain; Chira; Teissedre, 2011; OIV, 2017). Ressalta-se que, com a cv. Merlot são elaborados renomados vinhos, a exemplo de Saint-Émilion, Medoc e Pomerol (Rizzon; Miele, 2009).

Esta cultivar ocupa a 4ª posição da área total mundial plantada com videiras e com 266 mil hectares, dos quais, 112 mil hectares estão na França, a única a exceder 100 mil hectares plantados no país, o que representou 3% da área total de vinhedos plantados no mundo, em 2015 (OIV, 2017; Ribalta-Pizarro; Muñoz; Munné-Bosch, 2024).

Dentre os países mediterrâneos produtores de vinho, Portugal, Espanha, França e Itália se destacam na produção da cv. Merlot, juntamente com as cultivares Cabernet Sauvignon, Tempranillo e Syrah (Rouxinol *et al.*, 2023).

A cultivar Merlot foi introduzida junto a outras cultivares *V. vinífera* L. no estado do Rio Grande do Sul, na Estação Agronômica de Porto Alegre, e difundida pela Serra Gaúcha, apresentando boa adaptação (Rizzon; Miele, 2009). Esta cultivar representou um marco na história vitivinícola da região ao dar início à produção de vinhos finos varietais no Brasil na década de 1970 (Miele, 2021; Susin; Silvestre; Cocco, 2022). E está entre as cultivares de uva tinta com maior volume de produção no país (Tecchio *et al.*, 2022)

Em 2015, a cultivar apresentou uma área plantada superior a 750 ha no estado do Rio Grande do Sul. A Serra Gaúcha representa mais da metade da área da cultivar

Merlot plantada no estado (472 ha), dos quais 128 ha estão no município de Bento Gonçalves (Mello; Machado, 2017; Junges; Anzanello. 2021).

A 'Merlot' é a principal cultivar na Indicação Geográfica Denominação de Origem-DO Vale dos Vinhedos e dentre as cultivares tintas de *V. vinifera*, é a única autorizada para a elaboração de vinhos varietais e em blends, a exigência de que no mínimo 60% da composição da uva 'Merlot' (Tonietto *et al.*, 2013).

Devido a versatilidade da cultivar, atinge bons graus de maturação e adaptação aos diversos solos, que justificam o sucesso desta cultivar para produção de vinhos, com potencial de guarda a vinhos jovens (Rizzon; Miele, 2003; Mattos Rocha *et al.*, 2022).

2.4 SISTEMA DE CONDUÇÃO NA CULTURA DA VIDEIRA

A videira é uma planta que se adapta a uma variada gama de arquitetura e em função do manejo é possível mudar a disposição do dossel vegetativo, a disposição do tronco e dos ramos (Carbonneau; Deloire; Jaillard, 2007; Câmara *et al.*, 2020). Para a disposição espacial do dossel vegetativo dá-se o nome de sistema de condução, que constitui um dos aspectos mais essenciais do manejo aplicado ao vinhedo e impacta na produtividade e qualidade das uvas (Zohar *et al.*, 2024).

Atualmente diversas estratégias de manejo são empregadas nos vinhedos, entre elas a utilização cultivares copa resistentes a doenças fúngicas, cultivares de portas enxertos, densidade de plantios reduzidos e novos sistemas de condução para a videira (Van Leeuwen *et al.*, 2019; Xyrafis; Gambetta; Biniari, 2023).

Diferentes sistemas de condução alteram o crescimento dos cordões, a eficiência fotossintética das folhas e a absorção de nutrientes, o que pode otimizar o balanço entre desenvolvimento vegetativo e produtivo, além de interferir no microclima do dossel na região do cacho, proporcionando melhor condição de maturação da uva (Han *et al.*, 2024).

O sistema de condução em espaldeira é o mais utilizado na produção de vinhos de alto valor agregado no mundo, com rendimentos inferiores quando comparado a outros sistemas de condução, como a latada (Câmara *et al.*, 2020.; Domingues Neto *et al.*; 2023).

No ano de 2013 o sistema de condução mais utilizado na D. O. Vale dos vinhedos, foi o sistema em latada, representando 86% da área de vinhedo plantados, com produção média superior a 18 t ha⁻¹, enquanto a espaldeira e "Y" representam

respectivamente, 11,7 e 1,6 %, com produtividade de 7,5 e 11,5 t ha⁻¹ (Mello; Machado, 2015).

Estudos vêm demonstrando que a escolha do sistema de condução aliado ao manejo do dossel, afetam diretamente na adaptação da videira às regiões de cultivo, nos teores de açúcares e na biossíntese e acúmulo de compostos fenólicos, importantes para a qualidade do vinho, apresentando inúmeros benefícios a saúde humana (Wimalasiri *et al.*, 2024; Domingues Neto *et al.*; 2023.; Domingues Neto *et al.*; 2024a; Domingues Neto *et al.*; 2024b).

O sistema de condução em lira modulável possibilita a formação de dois planos de vegetação, opostos e oblíquos, formando duas zonas de frutificação (Leão; Chaves., 2020). Estudos demonstram que esse sistema de condução se mostrou muito eficiente em vinhedos instalados na França, na Argentina e na Califórnia, EUA (Carbonneau *et al.*, 2004).

Segundo Carbonneau, Deloire e Jaillard (2007) e Câmara *et al.* (2020), a conformação que a lira modulável fornece a videira proporciona maior área foliar e conseqüentemente maior interceptação de energia solar, com melhor distribuição da área foliar e maior número de folhas. Além disso, melhora o microclima no dossel e o acesso aos cachos, devido a sua divisão, permitindo sua ampla adaptação a vários *terroirs*.

Este sistema foi proposto para maior produtividade em comparação ao sistema espaldeira, mantendo boa composição físico-química na uva pela melhor razão entre área foliar e carga de frutos (Carbonneau *et al.*, 2004; Del Zozzo; Poni, 2024).

A lira modulável se difere do sistema de condução em “Y” convencional, pela pelo grau de angulação e altura da sua estrutura, bem como da possibilidade de ser móvel, podendo se tornar uma espaldeira. No sistema em “Y” convencional, os cordões da videira ficam de 1,4 a 1,6 m (vértice do Y) acima do nível do solo. O ângulo de abertura é de aproximadamente 120° fixo, ou, em cultivos mais adensados de aproximadamente 100° fixo, como descrito por Hernandez e Pedro Junior (2011) e Würz, Marcon Filho e Rufalo (2021). Já a lira modulável, os primeiros arames para sustentação dos cordões estão a 1,0 m acima do nível do solo e a possibilidade de mudança na angulação, para 20°, 30° e 40°, além do fechamento, na angulação de 05°, permitindo a possibilidade de mecanização dos tratamentos culturais.

Segundo Leão e Chaves (2020), o sistema de lira e em “Y” favorece maior penetração da radiação solar e maior aeração nas entrelinhas de plantio,

consequentemente menor umidade na entrelinha e menor incidência de doenças fúngicas nas folhas e cachos.

Kyraleou *et al.* (2015) relataram que o sistema em lira na cultivar tinta Xinomavro (*Vitis vinífera* L.), resultou em melhoria na composição de antocianinas na película das uvas em comparação a espaldeira. Segundo o autor essa melhoria se deve a copa dividida, favorecendo a maturação das uvas devido a diversos fatores, como maior área foliar por massa do fruto, melhor relação fonte-dreno e distribuição de assimilados mais eficiente.

O sistema em lira modulável apresenta a possibilidade de, com o mecanismo de fechamento modulável, se tornar uma espaldeira e permitir a mecanização de grande parte do manejo, incluindo a colheita mecânica e podas, reduzindo-se os custos de produção (Carbonneau *et al.*, 2004; Carbonneau; Deloire; Jaillard, 2007; Del Zozzo; Poni, 2024).

Segundo Neto *et al.* (2017), estados como a Califórnia nos EUA adotam algum tipo de mecanização desde os anos 60, o que é visto também nos países produtores de uvas na Europa, como na França que iniciou a mecanização dos vinhedos nos anos 70. Nestes estudos, notou-se que 1 hora/máquina é equivalente ao trabalho de 10 pessoas com dedicação de 8 horas diárias.

2.5 COMPOSTOS FENÓLICOS NAS UVAS

A síntese dos compostos fenólicos nas plantas está diretamente relacionada a fatores como a variedade, vigor, produtividade, temperatura, exposição solar e fatores edafoclimáticos (Spayd *et al.*, 2002; Martín *et al.*, 2017). Os flavanóis e a maioria dos ácidos hidroxicinâmicos se acumulam sobretudo antes do período de pintor (veraison), enquanto a síntese de flavonóis ocorre predominantemente após a fase de pintor das bagas (Friedel *et al.*, 2015; Döring *et al.*, 2022).

Os compostos fenólicos mais comuns em uvas tintas incluem: não flavonoides, derivados dos ácidos hidroxibenzóico e hidroxicinâmico, como o ácido caftárico e os estilbenos, e os flavonoides, como antocianinas, flavanóis, flavanonois e flavonóis (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006; Rodríguez Montealegre *et al.*, 2006; Hornedo-Ortega *et al.*, 2020).

Os flavonoides protegem as plantas da radiação UV, além de muitos atuarem como fitoalexinas, combatendo patógenos fúngicos e bacterianos. Por sua vez, os

flavanóis, devido a seu amargor e adstringência, podem afastar herbívoros (Martín *et al.*, 2017).

As antocianinas, flavanóis e flavonóis predominam na película da uva, enquanto os ácidos fenólicos estão concentrados na polpa (Minnaar; Van der Rijst; Hunter, 2022). Os compostos fenólicos, concentrados nas sementes e cascas das uvas, são fundamentais para a qualidade das uvas e do vinho, influenciando cor, textura, adstringência e amargor (Hornedo-Ortega *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2022; Domingues Neto *et al.*, 2024a). Além disso, destacam-se por suas propriedades antioxidantes e seus benefícios à saúde, devido às propriedades fitoterápicas, farmacológicas e nutricionais (Rodríguez Montealegre *et al.*, 2006; Vinha *et al.*, 2023).

Os flavanóis, presentes nas sementes e películas das uvas, além de suas propriedades antioxidantes, são fundamentais para a estrutura, adstringência e amargor dos vinhos tintos (Shi *et al.*, 2016; Casassa, 2017; Cabral *et al.*, 2023). Com a maturação, oxidam e formam estruturas condensadas, reduzindo o amargor, aumentando a adstringência e tornando-se mais difíceis de extrair (Hornedo-Ortega *et al.*, 2020). Nos tecidos da película, são encontrados livres nos vacúolos ou associados ao tonoplasto. As películas contêm catequina, epicatequina, epicatequinagalato, epigalocatequina, e, em quantidades menores, galocatequina e epigalocatequina galato (Casassa, 2017).

Os flavonóis como quercitina, mirecitina e kaempferol também contribuem para características organolépticas, e são predominantemente sintetizados na película das uvas, são compostos incolores que se acumulam após a floração e durante a maturação, contribuem para a cor do vinho ao formarem complexos com antocianinas (Mattivi *et al.*, 2006; Rodríguez Montealegre *et al.*, 2006). Desempenham principalmente a função de filtro UV, absorvendo luz na faixa de 280-330 nm para proteger os tecidos das plantas contra danos causados pela radiação UV, além disso, atuam como antioxidantes e participam nas interações planta-patógeno (Rodríguez Montealegre *et al.*, 2006; Lu *et al.*, 2021).

As antocianinas são flavonoides e os principais pigmentos naturais responsáveis pela coloração avermelhada das uvas (Hornedo-Ortega *et al.*, 2020; Domingues Neto *et al.*, 2024a). Presentes principalmente nas cascas das uvas tintas, as antocianinas aumentam durante a maturação, sendo influenciadas por fatores como cultivar, temperatura e exposição à luz na região do cacho (Kyrleou *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2019; Hornedo-Ortega *et al.*, 2020).

Este composto apresenta propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, protegendo contra o estresse oxidativo e reduzindo o risco de doenças crônicas, como cardiovasculares, neurodegenerativas, diabetes tipo II, degeneração da retina e doenças coronárias (Martin *et al.*, 2011). Estudos relatam que seu aproveitamento em resíduos da vinificação, como o bagaço, tem crescido. Encapsulações são desenvolvidas para ampliar seu uso na indústria alimentícia, além de melhorar sua estabilidade e biodisponibilidade (Delić *et al.*, 2024).

Os estilbenos, estão presentes em maior quantidade nos vinhos tintos, têm destaque para o resveratrol, que é amplamente estudado por seus benefícios à saúde (Vaccari; Soccol; Ide, 2009; Padilla-González *et al.*, 2022). Nas plantas, o resveratrol atua como fitoalexina, sendo sintetizado em resposta a estresses bióticos ou abióticos, como pragas, microrganismos e exposição à radiação (Vaccari; Soccol; Ide, 2009; Guerra, 2012). Este composto está associado à redução de fatores de risco para doenças cardiovasculares, melhora na função endotelial, inibição da agregação plaquetária e ação antioxidante, ajudando a neutralizar espécies reativas de oxigênio e reduzir a inflamação (Chedea *et al.*, 2021).

O ácido caftárico, um ácido hidroxicinâmico, atua como co-pigmento nos vinhos, formando pigmentos estáveis que estabilizam a cor e são menos sensíveis a variações de pH (Hornedo-Ortega *et al.*, 2020). Este ácido possui propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e neuroprotetoras, ajudando a prevenir doenças crônicas, como câncer, doenças cardiovasculares, diabetes e neurodegenerativas, incluindo Alzheimer e Parkinson. (Korien, 2020; Newair *et al.*, 2023).

De acordo com Teissedre *et al.* (2018), o consumo regular e moderado de vinho possui efeitos cardioprotetores atribuídos aos compostos fenólicos. Seu impacto nos fatores de risco, como a redução do estresse oxidativo, a inibição do desenvolvimento da aterosclerose, envolve a diminuição da oxidação do colesterol LDL e a melhoria da função endotelial.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A área de cultivo localiza-se no campo experimental da Embrapa Uva e Vinho, em Bento Gonçalves, estado do Rio Grande do Sul, situada a 29°09'53"S e 51°31'43"O a 630 m de altitude. O vinhedo experimental foi implantado em 2018 com mudas de raiz nua da cv. Merlot ("Magdeleine Noire des Charentes" X "Cabernet Franc"), clone 181, enxertadas no porta-enxerto Paulsen 1103, em espaçamento de 3,2 entre linhas e 1,5 entre plantas, seguindo orientação norte-sul, em uma densidade de plantio de 2.083 plantas por hectare. As operações começaram com o preparo do solo, calagem e adubação, seguido do plantio, em agosto de 2018.

O porta-enxerto Paulsen 1103 (*V.berlandieri* cv. Resseguier 2 X *V.rupestris* cv. Du lot) é originário da Itália. Este porta-enxerto se destaca pela resistência à fusariose e média sensibilidade à antracnose, tolerância moderada à filoxera, imprimindo de médio a alto vigor na copa, ampliando o ciclo produtivo e retardando a maturação da uva (Andrade; Schuck; Dal Bó, 1993; Giovannini, 2014). Atualmente, é o mais recomendado para o Rio Grande do Sul e também o mais utilizado na Denominação de Origem Vale dos Vinhedos, onde representa 34,24 % da área dos vinhedos (Giovannini, 2014; Mello; Machado, 2015).

3.2 DELINEAMENTOS EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso em parcelas subdivididas, sendo as parcelas representadas pelos sistemas de condução e as subparcelas pelos dois ciclos de produção avaliados 2021/22 e 2022/23.

Para cada sistema de condução foram avaliadas 20 videiras, sendo cada parcela experimental composta por duas plantas.

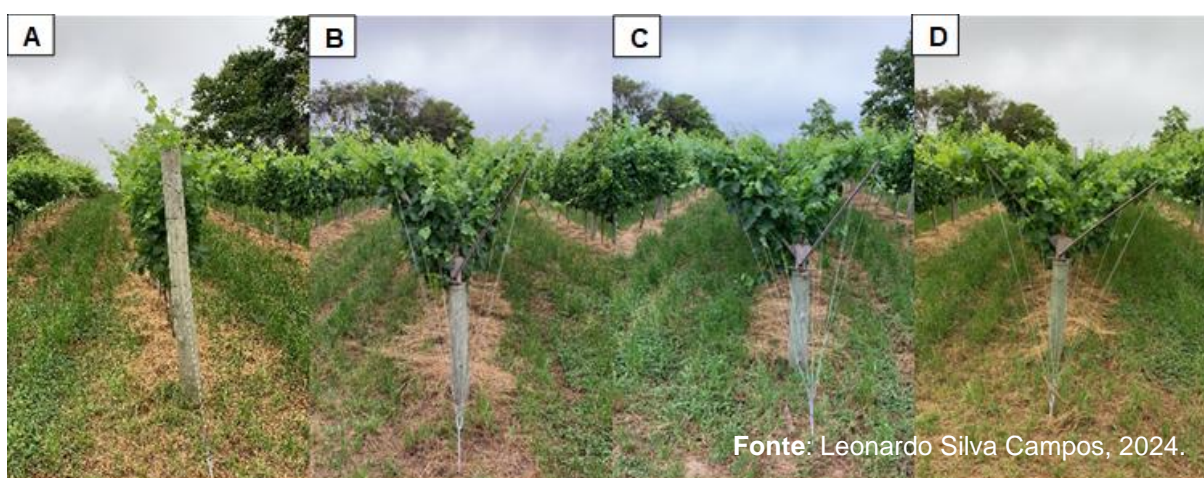
O experimento consistiu em quatro sistemas de condução:

1. Espaldeira (Figura 1A);
2. lira modulável com 20° (Figura 1B);
3. lira modulável com 30° (Figura 1C);
4. lira modulável com 40° (Figura 1D).

Para cada sistema de condução utilizou-se duas linhas de plantio, sendo selecionadas para avaliações 10 plantas por linha. Assim, avaliaram-se 20 plantas por sistema de condução.

Nos quatro sistemas de condução as videiras foram conduzidas com duplo cordão esporonado ou duplo cordão de *Royat*. Assim, em lira modulável, o comprimento do cordão esporonado foi o dobro da espaldeira.

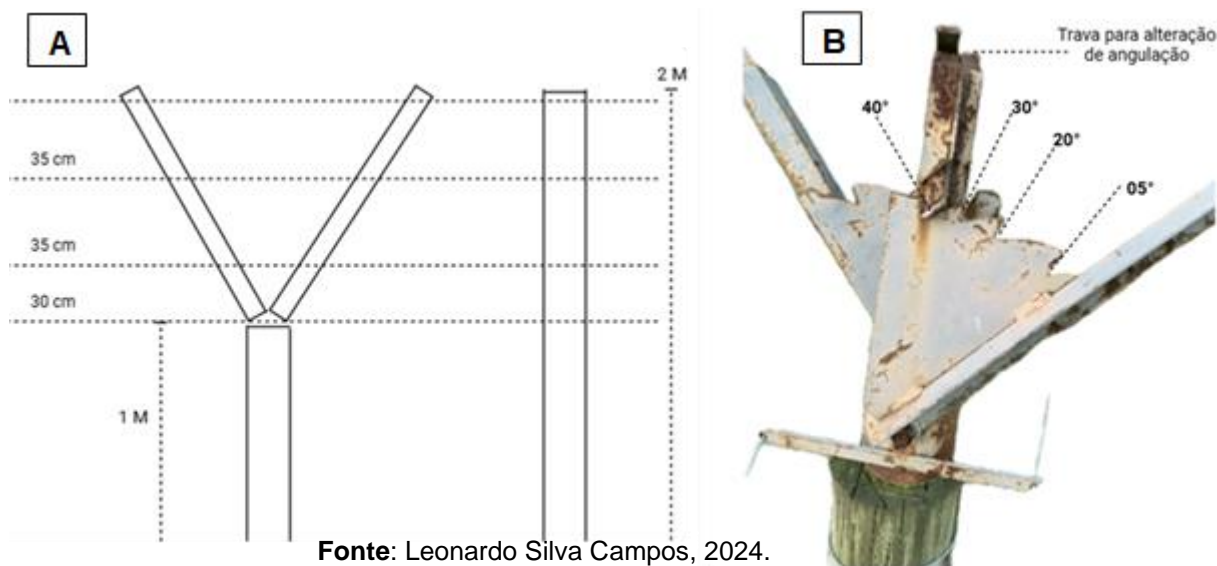
Figura 1 - Sistemas de condução em espaldeira e liras (20°,30° e 40°) com a cv. Merlot conduzida na região de Bento Gonçalves, Serra Gaúcha/RS.



Fonte: Leonardo Silva Campos, 2024.

O sistema de condução em espaldeira é composto por quatro arames, onde o primeiro é colocado a 1,0 m de altura em relação ao solo e os outros fios dispostos a 0,30, 0,35 e 0,35 m acima do primeiro fio de arame. A espaldeira apresenta altura máxima de 2 metros do solo. As videiras foram conduzidas em duplo cordão esporonado, apresentando 75 cm de comprimento para cada cordão.

Figura 2 - Ilustração de condução em lira modulável e em espaldeira (A) e mecanismo de modulação da lira (B).



O sistema de condução de lira modulável possibilita a planta a formação de dois dosséis vegetativos, com dois planos de vegetação, opostos e oblíquos.

O sistema em lira modulável é composto por oito fios de arames onde os dois primeiros são colocados 1,0 m de altura do solo, sendo a estrutura do dossel dividida em dois planos, formando assim a angulação desejada (Figura 2A). Assim, é possível a modulação através de um mecanismo central em ângulos oblíquos, de 20°, 30° ou 40° (Figura 2B). O ângulo de 05°, que confere fechamento máximo e possibilita a colheita mecanizada, faz com que as plantas se assemelhem a uma espaldeira, mas com dois planos verticais. Em cada plano os arames são dispostos a cada 0,30, 0,35 e 0,35 m.

O sistema em lira modulável apresenta altura máxima do sistema a 2 metros do solo. As videiras foram conduzidas em duplo cordão esporonado, apresentando 150 cm de comprimento para cada cordão.

3.3 MANEJO DE PODAS E TRATOS CULTURAIS

As podas de produção ocorreram em 09 de setembro de 2021 e em 19 de agosto de 2022, sendo as colheitas realizadas, respectivamente, em 17 de fevereiro de 2022 e 28 de março de 2023.

Após a realização das podas de inverno, foi aplicado no mesmo dia, cianamida hidrogenada (Dormex®) a 4% do ingrediente ativo, visando a indução da quebra de dormência e a uniformidade da brotação das gemas.

Na manutenção dos experimentos foram adotadas todas as técnicas de cultivo recomendadas para a produção de uvas para processamento. Após o início da brotação foi realizada a desbrota, amarração dos brotos aos arames, a eliminação dos ramos axilares (desnetamento) e a desfolha na região do cacho, na fase de maturação. O desponte ou capaço dos ramos, que consiste na supressão da extremidade dos ramos em crescimento, foi realizado deixando-se, no mínimo, 12 folhas acima do último cacho do ramo.

Outro trato cultural ao longo do ano, foram as roçadas, as capinas, a aplicação de herbicidas e o tratamento fitossanitário com aplicações de fungicidas quando necessário.

3.4 DADOS METEOROLÓGICOS

Foram obtidos os Dados meteorológicos do mês anterior a colheita (janeiro) e na época da colheita (fevereiro) dos dois ciclos de produção. Os dados foram obtidos em estação climatológica automática do INMET A840 (29°09'52"S, 51°32'03"O), instalada na sede da Embrapa Uva e Vinho, situada a 542 m do vinhedo experimental da cultivar Merlot.

3.5 TROCAS GASOSAS

A determinação das trocas gasosas e da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) na região do dossel vegetativo, próximas aos cachos e com o sensor voltado ao sol, foram realizadas na fase final de pintor, foram realizadas nos dias 28 de janeiro de 2021 e em 26 de janeiro de 2022, em quatro plantas por tratamento.

As medições foram realizadas em folhas (totalmente expandidas, adultas e saudáveis) de forma aleatória e previamente selecionadas no terço médio do dossel das videiras. Para tal, utilizou-se um analisador de gás infravermelho (IRGA, Li-Cor, modelo LI-6400xt), equipado com fonte de luz (LI-6400-02B), com área da câmara de medição de 6 cm² (3 cm x 2 cm).

As trocas gasosas foliares foram avaliadas pela obtenção da:

- Taxa líquida de assimilação de CO₂ (A);
- Condutância estomática (g_s);
- Taxa de transpiração (E);
- Concentração intercelular de CO₂ (C_i);
- Temperatura foliar (T_{leaf}) e do ar (T_{air});
- Eficiência de uso da água (WUE) foi calculada pela razão A/E ;
- Eficiência de carboxilação da enzima Rubisco, calculada pela razão A/C_i .

O aparelho clorofilômetro Falker ClorofiLOG (modelo CFL1030) foi utilizado para registro de:

- Índice de clorofila a (Chl a);
- Índice de clorofila b (Chl b);

Assim foi realizada a soma dos índices de clorofila a e b (Chl total).

As medições foram realizadas entre 8h00 e 11h30, em triplicata nas folhas em diferentes exposições no dossel vegetativo. Para o sistema de condução em lira, as medições foram realizadas em folhas expostas a oeste e leste, interna oeste e leste do dossel, e para espaldeira, folhas expostas a leste e oeste e na parte interna do dossel. Para as medições do IRGA, utilizou-se a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) constante de 1800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, em condições de concentração atmosférico de CO₂, temperatura e umidade ambiente.

3.6 DENSIDADE DE FLUXO DE FÓTONS FOTOSSINTETICAMENTE ATIVOS (DFFFA) ACUMULADA NA REGIÃO DO DOSSEL E NOS CACHOS, E VOLTADA AO SOL

Nas variáveis de DFFFA, foram avaliadas:

- DFFFA acumulado região dos frutos;
- DFFFA acumulado região do dossel;

As medições foram realizadas em triplicata, em diferentes posições do dossel e dos cachos, considerando quatro plantas por tratamento.

No sistema de espaldeira, as medições ocorreram nas posições leste e oeste do dossel, enquanto no sistema em lira foram avaliadas as posições externo leste, interno oeste, interno leste e externo oeste. Nos cachos, as medições foram feitas acima, abaixo, e nos lados leste e oeste.

Foram realizadas medições de DFFFA na entrelinha com o sensor voltado diretamente para o sol.

As coletas ocorreram às 8h00, 10h00, 13h00, 15h00 e 17h00, com valores registrados em mV, utilizando a barra de piranômetros PAR Apogee SQ-311-SS. O DFFFA foi calculado multiplicando o sinal obtido pelo fator de calibração do equipamento ($5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{mV}^{-1}$), os dados obtidos foram somados para obtenção do valor acumulado de interceptação solar na região do dossel e dos frutos.

3.7 DESEMPENHO AGRONÔMICO

As avaliações foram realizadas após o crescimento do dossel vegetativo e a desfolha parcial na região dos cachos, no final da fase de pintor, utilizando vinte plantas úteis de cada sistema de condução, visando a caracterização agronômica, determinando-se: o número ramos planta⁻¹; número de cachos planta⁻¹; e número cachos ramo⁻¹.

No momento da colheita, as plantas de cada tratamento foram avaliadas quanto aos componentes de produção, determinando-se o número médio de cachos planta⁻¹, a massa fresca total de cachos planta⁻¹, de onde foi calculado a massa fresca dos cachos (g) e a produção por planta (kg planta⁻¹).

A produtividade (t ha⁻¹), foi calculada multiplicando-se a produção por planta pelo número de plantas por hectare, considerando uma densidade de 2.083 plantas ha⁻¹.

No momento da poda, para o ciclo de produção 2021/2022 e 2022/2023, os ramos provenientes da poda foram pesados, obtendo-se a massa de poda da parte aérea, em kg planta⁻¹.

Baseado na massa de poda e na produção, obteve-se o índice de Ravaz, que representa a relação entre vigor da planta e produção (Clingeffer *et al.*, 2019), calculado pela equação:

$$\text{Índice de Ravaz} = \frac{\text{Produção}}{\text{Massa da poda}}$$

Para determinar as exigências térmicas da cultura, foi calculado o somatório dos graus-dia acumulados no período entre a poda e a colheita, utilizando uma temperatura-base de 10°C, conforme a metodologia descrita por Pedro Júnior *et al.* (1994). O cálculo segue a equação desenvolvida por Winkler (1965). Este método

permite avaliar o acúmulo de calor necessário para o crescimento e maturação da planta ao longo do ciclo produtivo.

Se a temperatura média diária for inferior a temperatura base, o valor diário de GD foi considerado 0 (não há acúmulo de calor).

$$GD = \sum (T_m - 10^\circ) * n^\circ \text{ dias da poda a colheita}$$

Em que: GD = graus-dia;

T_m = Temperatura média diária.

3.8 DETERMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE FOLIAR

As avaliações da superfície foliar foram realizadas em seis plantas por tratamento. Para tal, selecionaram-se aleatoriamente quatro ramos sarmentos por planta, sendo realizada a contagem do número de folhas e o comprimento da nervura principal no lóbulo central, empregando-se uma régua milimetrada, em ambos os ciclos de produção. Paralelamente a aferição do comprimento da nervura central e contagem do número de folhas por ramo, no ciclo de produção 2021/22, foi realizado uma amostragem de 300 folhas no vinhedo experimental, retiradas aleatoriamente nas videiras nos diferentes sistemas de condução, a fim de obter uma equação para estimativa de área foliar. Estas amostragens foram realizadas nas porções apicais, medianas e basais dos ramos principais. A área foliar foi obtida com o auxílio de um medidor de área foliar (marca LI-COR, modelo 3000), devidamente calibrado.

A partir dessas medidas foi obtida uma equação de regressão da relação entre as duas variáveis (área foliar e comprimento da nervura principal), segundo proposto pelos trabalhos de Borghezán *et al.* (2010) e Junges e Anzanello (2021). Assim, estimou-se a área foliar das plantas em cada parcela experimental, para cálculo da razão área foliar e produção.

- Área foliar do dossel.

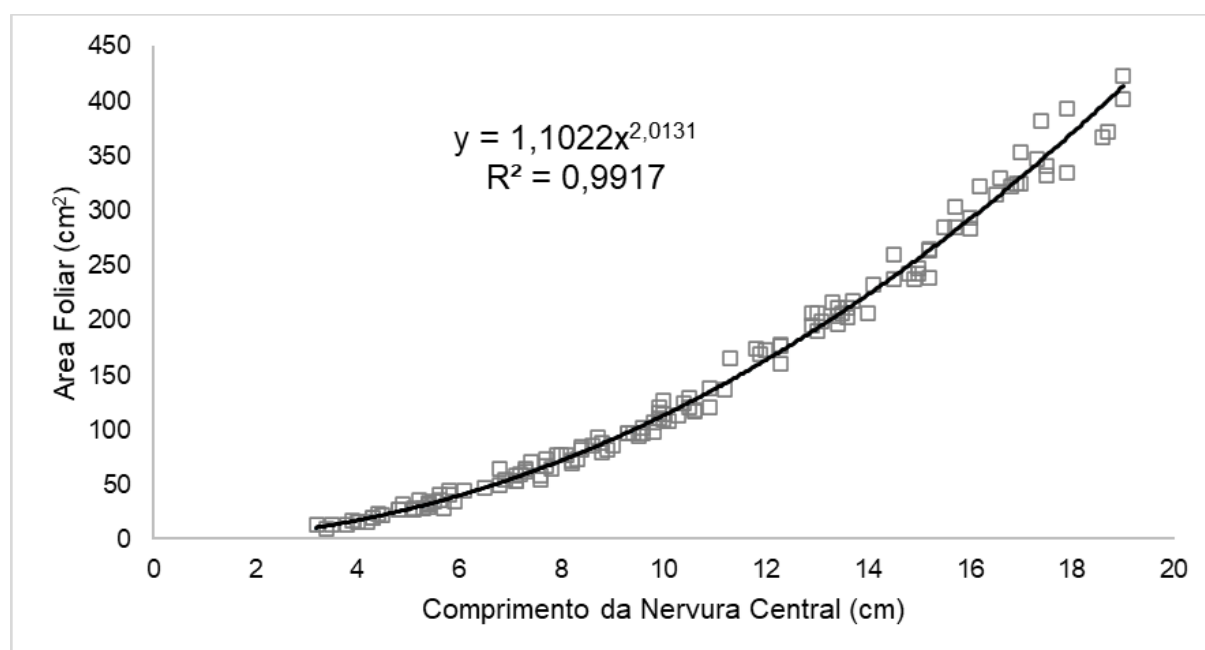
A partir da medida de área foliar foi obtida a área foliar total do dossel (m²) de cada sistema de condução, pela multiplicação do número de ramos planta⁻¹, número de folhas ramo⁻¹ e média da área foliar, como proposto por Regina *et al.* (2010). A área foliar total do dossel foi obtida pela seguinte equação:

$$\frac{(N^\circ \text{ folhas por ramo} * \text{Média da Área Foliar} * N^\circ \text{ ramos})}{10000} = \text{Área Foliar do Dossel (m}^2\text{)}$$

O modelo matemático que estimou com maior precisão a relação à área foliar com o comprimento da nervura central neste estudo, foi a equação potencial $y = 1,1022x^{2,0131}$, onde “y” corresponde a área foliar, e “x” ao comprimento da nervura central.

Observou-se que para a cultivar Merlot neste estudo, o modelo definido apresentou o coeficiente de correlação (R^2) superior a 0,99, indicando elevada precisão de estimação das equações selecionadas (Figura 3).

Figura 3 - Relação entre área foliar (cm²) e comprimento da nervura principal (cm) da folha de videira, cultivar Merlot no ciclo de produção 2022/23.



3.9 DETERMINAÇÃO DO PONTO DE COLHEITA DAS UVAS

A colheita foi realizada de acordo com a evolução da curva de maturação das uvas avaliadas semanalmente, medindo-se o teor de sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável e pH, em amostragem de 400 bagas. Aliado às variáveis físico-químicas, também foi considerada a maturação fenólica das uvas, compostos responsáveis pela coloração, estrutura/corpo, além da adstringência e amargor. Assim, realizou-se a avaliação sensorial das uvas, mediante a degustação de cascas e das sementes das mesmas para avaliação de notas descritoras, de maneira que a colheita esteja com boa maturação fenólica (Mota *et al.*, 2020).

3.10 CARACTERIZAÇÃO ENOLÓGICA DO MOSTO DAS UVAS

No momento da colheita foram coletadas 320 bagas por linha de plantio em cada tratamento, sendo 640 bagas por sistema de condução, onde 400 bagas foram destinadas as análises físico-químicas e 240 bagas para caracterização dos compostos fenólicos, sendo amostradas nos dois lados da planta e em diferentes posições no cacho

Para avaliação de pH, sólidos solúveis e acidez titulável, segundo metodologia descrita por OIV-Office international de la Vigne et du Vin (2021), foram analisadas em duplicata, de 200 bagas cada.

As amostras de bagas foram esmagadas para extração do mosto e centrifugadas a 3000 rpm, 20°C por 5 minutos e em seguida determinou-se o teor de sólidos solúveis (°Brix), com auxílio de refratômetro de bancada (ABBE Refractometer).

O pH foi obtido com pHmetro (HI 3221 pH/ORP/ISE Meter) devidamente calibrado.

Para acidez titulável (mEq L⁻¹), utilizou-se bureta digital com solução alcalina de NaOH 0,1mol L⁻¹em erlenmeyer de 200mL. Adicionou-se 10mL de mosto e completou-se até o volume de 50ml com água destilada e procedeu-se a titulação.

Na titulação foi adicionada solução de hidróxido de sódio 0,1mol L⁻¹ lentamente, até ocorrer a mudança de coloração para tom de azul-esverdeada ou pH 8,2. Assim, anotou-se o volume gasto em ml para cálculo da acidez titulável (AT) segundo a fórmula (para acidez titulável expressa em mEq L⁻¹):

$$AT = \frac{n * 0,1 * 1000}{V}$$

Em que:

n = volume gasto de hidróxido de sódio 0,1mol/L na titulação

V = volume da amostra em ml.

Para expressar a acidez total em gramas de ácido tartárico/L para cálculo do índice de maturação (razão sólidos solúveis e acidez total), utilizou-se a expressão:

$$A' = 0.075 \times AT$$

Em que:

A` = Acidez total em gramas de ácido tartárico/L

Para o cálculo do índice de maturação, dividiu-se o valor dos sólidos solúveis pela acidez titulável em gramas de ácido tartárico/L.

Para as análises do perfil fenólico das uvas por UPLC/MS, foram analisadas em triplicata, 80 bagas cada.

3.11 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS POR UPLC/MS

3.11.1 *Preparação de extratos de película e polpa*

A preparação dos extratos de película e polpa e semente foram de acordo com Pereira *et al.* (2005) e (2020c), com algumas modificações. As películas e polpa, de três repetições de 80 bagas cada, foram separadas manualmente para realização das extrações. Após separação, as partes sólidas foram pesadas, trituradas usando triturador semiautomático por 1 min.

Utilizou-se etanol 96% como solvente na extração, sendo adicionado 100mL para obtenção do extrato. Em seguida, os extratos ficaram agitando a frio (5°C), durante 1 h. Após esse tempo, os extratos foram centrifugados por 15 minutos, o sobrenadante foi armazenado a -40°C, até ser utilizado.

3.11.2 *Preparo das amostras de uvas para análise por cromatografia*

Para extratos de películas e polpas, 1,5 mL de amostras foram secas utilizando concentrador a 30 °C por aproximadamente 3 horas. Em seguida, as amostras foram ressuspendidas, processo que redistribui no líquido as partes sólidas previamente sedimentadas pela gravidade, utilizando 5mL para películas e polpas. Posteriormente, foram filtradas em filtro de 0,45µm e armazenadas em vials até análise em triplicata por UPLC/MS.

3.11.3 *Método de análises por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (UPLC/MS)*

As análises foram realizadas conforme a metodologia descrita por Canedo-Reis *et al.* (2020) com adaptações. Foi utilizado um sistema Waters Acquity UPLC (Milford, MA, EUA). É equipado com bomba de solvente quaternário, um injetor automático,

forno de coluna e um único detector de massa quadrupolo (MS). A análise dos dados foi realizada usando o software Empower 3.

Foi utilizado uma coluna C18 (50 × 2,1 mm, 5 µm) protegida com uma pré-coluna de proteção do mesmo material (5 × 2,1 mm, 5 µm). A fase móvel A (aquosa) consistia em ácido fórmico e água (2:98 v/v) e fase móvel B (orgânica) consistia em metanol, ácido fórmico e água (90: 2: 8 v/v). O gradiente linear usado foi: 0 min (min), 15% de B; 1,35 min, 40% de B; 2,65 min, 65% de B; 3,55 min, 90% de B; 3,90 min, 90% de B; 4,25 min, 30% de B; 4,50 min, 15% de B. Os cromatogramas foram registrados por 4,5 min e ao final de cada injeção, a coluna foi equilibrada com a fase móvel em sua condição inicial (15% de B) por 3 min. A taxa de fluxo foi de 0,45 mL / min e o volume de injeção de 10 µL.

O detector de MS (Waters QDa) era equipado com uma fonte de ionização por electrospray (ESI). A detecção foi realizada com base no peso molecular, massa monoisotópica, de cada composto no modo de monitoramento de gravação de íon único (SIR).

O modo ESI (positivo ou negativo) e a tensão do cone foram selecionados para obter uma alta seletividade para cada composto. A temperatura da sonda foi ajustada para 600 °C, a tensão capilar era -0,8 kV no modo negativo e +1,5 kV no modo positivo.

A quantificação foi realizada usando curva-padrão de cada composto individualmente.

Nas avaliações dos compostos fenólicos individuais e totais, foram determinados os teores de:

- Antocianinas;

Sendo analisados individualmente os compostos: Cianidina 3-O-glucosídeo, delphinidina 3-O-glucosídeo, peonidina 3-O-glucosídeo, petunidina 3-O-glucosídeo, malvidina 3-O-glucosídeo, cianidina 3.5-O-diglucosídeo e malvidina 3.5-O-diglucosídeo e o somatório total de antocianinas.

- Flavanóis e procianidinas;

Sendo analisados individualmente os compostos: Catequina, epicatequina, epicatequina galato, epigallocatequina, epigallocatequina galato, procianidina B1 e procianidina B2 e o somatório total de flavonóis + procianidinas.

- Flavonóis, flavanonol e estilbeno;

Sendo analisados individualmente os compostos: Rutina (Quercetina-3-O-rutinisídeo), kaempferol 3-O-glucosídeo, isoquercetina, miricetina 3-O-glucosídeo, taxifolina e resveratrol e o somatório total de flavonóis, flavanonol e estilbeno.

- Ácido caftárico.
- Compostos fenólicos totais.

Para o cálculo da porcentagem do teor dos compostos fenólicos em relação à espaldeira foi utilizado o valor médio dos teores totais nos dois ciclos de produção e feita a razão para comparação com o teor de compostos fenólicos no sistema de condução em espaldeira.

3.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade utilizando o programa SISVAR (Ferreira., 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DURAÇÃO DO CICLO

Observou-se uma grande variação na duração do ciclo total da cultivar Merlot Noir em função dos ciclos avaliados, em que o período entre a poda e a colheita para a safra de 2022/23 foi 32 dias maior que a safra anterior (Tabela 1). Embora observada tamanha variação na duração do ciclo em dias, a diferença no acúmulo de graus-dias foi de apenas de 34,7 °C, o que indica que a duração do ciclo fenológico é melhor estimado com base no acúmulo energético requerido pelas plantas (Tabela 1).

Tabela 1 - Dada da poda, data de colheita, duração do ciclo em dias, acúmulo de Graus-Dia, temperatura média do ciclo de produção, temperatura média do mês de janeiro, radiação global no mês de janeiro e pluviosidade total do ciclo de produção da cultivar Merlot, em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

Ciclo de produção	Data da poda	Data da colheita	Duração do ciclo (dias)	Acúmulo de Graus-Dia (GD)*
2021/22	09/09/2021	17/02/2022	160	1.635,7
2022/23	19/08/2022	28/02/2023	192	1.670,4

Ciclo de produção	Dados meteorológicos**			
	Temp. Média (°C) do ciclo de produção	Temp. Média (°C) do mês de janeiro	Radiação do mês de janeiro (KJ m ⁻²)	Pluviosidade total do ciclo (mm)*
2021/22	20,2	24,0	1554	416,4
2022/23	18,6	23,2	1692	606,6

*Temperatura-base de 10°C foi utilizada para o cálculo de exigência térmica (GD). **Dados obtidos através da estação climatológica automática do INMET A840 (29°09'52"S, 51°32'03"O).

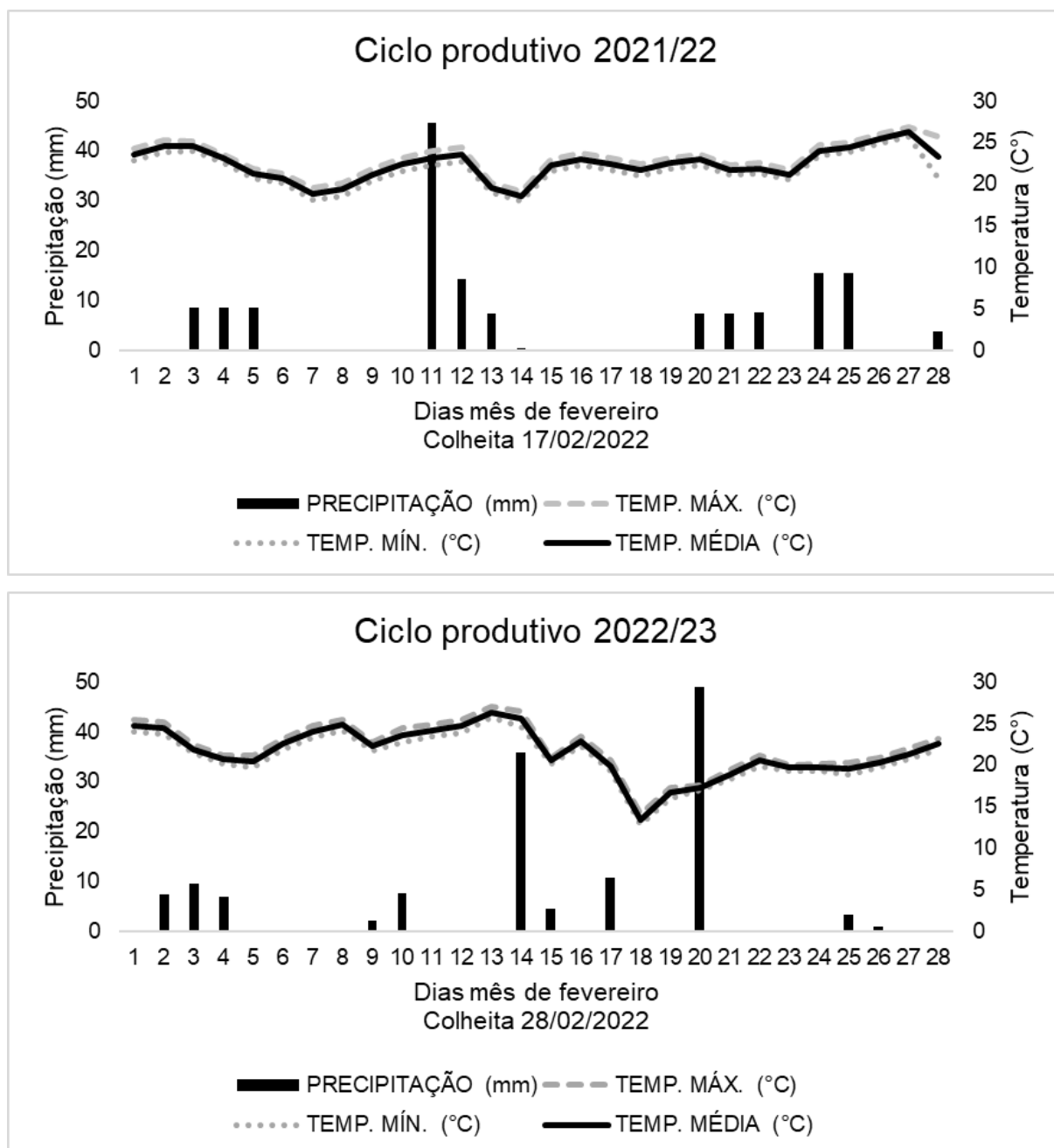
Essas variações no número de dias entre a poda e colheita pode estar associado as maiores temperaturas médias, mínimas e máximas) e radiação no ciclo de produção 2021/22, quando comparado ao ciclo de produção 2022/23, uma vez que baixas temperatura e radiação solar, podem atrasar a maturação da uva e prolongar o ciclo da videira (Tecchio *et al.*, 2019; Junges *et al.*, 2023; Epee *et al.*, 2024). O

mesmo foi observado em estudo de Tecchio *et al.*, (2011) com a cultivar Niagara Rosada, que apresentou ciclo produtivo mais curto no ciclo de produção com maior temperatura e radiação global.

No mês da colheita, em fevereiro de 2022, foi observada temperatura média diária de 22,4°C e média das temperaturas mínimas e máximas de, respectivamente de 21,7°C e 23,1°C. Quanto à precipitação, o total acumulado foi de 150 mm no mês de fevereiro de 2022, com 16 dias sem chuva. Já em fevereiro de 2023, a temperatura média diária foi de 21,5°C, e média das temperaturas mínimas e máximas de, respectivamente, 20,9°C e 22,2°C. A precipitação acumulada foi de 138 mm no mês de fevereiro de 2023, com 14 dias sem chuva (Figura 4). A radiação solar média nos meses de fevereiro nos ciclos produtivos de 2021/22 e 2022/23 foi de respectivamente, 1638 KJ m⁻² e 1546 KJ m⁻² (Figura 5).

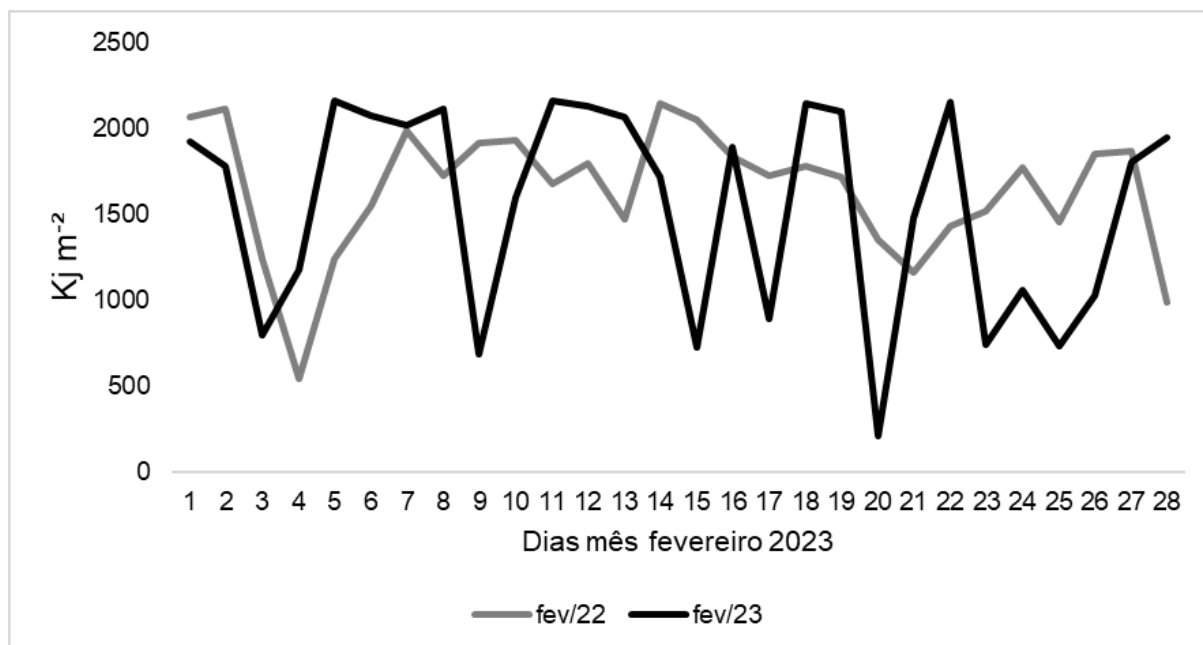
A demanda térmica da poda a colheita foi de 1.635,7 graus-dias no ciclo de produção 2021/22, e de 1.670,4 no ciclo produtivo de 2022/23. Durante o ciclo de produção 2021/22, não houve temperaturas mínimas abaixo da temperatura base. No entanto, o ciclo de produção 2022/23, as temperaturas mínimas ficaram abaixo de 10°C por 9 dias, o que proporcionou redução no desenvolvimento das videiras resultando em maior duração do ciclo da poda à colheita. Nunes, Leite e Castro (2016), relataram que temperaturas mais altas durante o ciclo, resultam em crescimento vegetativo mais rápido, e conseqüentemente em estágios fenológicos mais curtos.

Figura 4 - Precipitação pluvial e temperatura mínima, média e máxima nos meses fevereiro de 2022 e 2023 na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS



Fonte: INMET A840, 2024.

Figura 5 - Radiação solar (KJ m^{-2}) ocorridas no mês de fevereiro de 2022 e 2023 na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.



Fonte: INMET A840, 2024.

A temperatura média diária no mês anterior à colheita (janeiro de 2022) foi de $24,0^{\circ}\text{C}$. No mesmo período, o total acumulado da precipitação, foi de $81,6\text{ mm}$ (Tabela 1). Já em janeiro de 2023, a temperatura média diária foi de $23,2^{\circ}\text{C}$, com precipitação acumulada foi de $86,8\text{ mm}$.

O ciclo de produção 2021/2022 foi considerado seco, com redução da água disponível pela menor precipitação pluvial, em relação à média histórica da região (Junges et al., 2022). Ainda segundo o autor os meses de janeiro e fevereiro de 2022 tiveram precipitação menor que a média histórica da região, resultado da ocorrência do fenômeno La Niña em intensidade fraca nestes dois meses, favorecendo um ciclo mais curto para a maturação das uvas.

Já no ciclo de produção 2022/2023, o mês de janeiro apresentou média de precipitação abaixo da média histórica, enquanto no mês de fevereiro a média de precipitação foi semelhante à média histórica. Porém, 72% das precipitações do mês de fevereiro de 2023 ocorreram no segundo decêndio, indicando desuniformidade da distribuição da chuva, o que pode ter prolongado a maturação das uvas (Junges et al., 2023).

Tomaz, Coletto Martínez e Arruda Pacheco (2021), relataram que o consumo total de água em um vinhedo varia de $300\text{ a }700\text{ mm}$, valor encontrado na precipitação dos dois ciclos avaliados neste trabalho.

4.2 TROCAS GASOSAS

Não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os sistemas de condução e os ciclos de produção para as variáveis índice de clorofila *a*, índice de clorofila *b*, soma dos índices de clorofila *a* e *b*, taxa fotossintética, concentração intercelular de CO₂, eficiência de carboxilação da enzima Rubisco, temperatura do ar e temperatura da folha nas videiras (Tabela 2). Observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) isolado dos sistemas de condução apenas para a eficiência de carboxilação da enzima Rubisco e temperatura do ar. Com exceção dos índices de clorofila, os ciclos de produção influenciaram significativamente as variáveis de trocas gasosas analisadas (Tabela 3).

Para o índice de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total, não houve influência significativa do sistema de condução e dos ciclos de produção, obtendo-se valores médios 30,79, 15,74 e 46,48, respectivamente.

Para a taxa de assimilação de CO₂ o maior valor foi observado no ciclo 2022/23 (14,85 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), enquanto, para a concentração intercelular de CO₂, o maior valor foi observado no ciclo de produção 2021/22 (266,62 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Apesar da maior concentração intercelular de CO₂ (266,62 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) observada no ciclo produtivo 2021/22, as videiras apresentaram menor taxa de assimilação de CO₂ (13,47 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) podendo estar relacionada a menor eficiência de carboxilação da enzima Rubisco (0,05) verificada no mesmo ciclo.

Mota *et al.* (2009) observaram valores de taxa de assimilação de CO₂ de 14.2 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para a cultivar Cabernet Sauvignon na região da serra gaúcha em sistema de condução em Y, valor próximo ao encontrado neste estudo. Malinovski *et al.* (2017), obtiveram valores superiores de taxa de assimilação de CO₂ (15.99 $\text{CO}_2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) nas videiras da cv. Sangiovese conduzidas no sistema de espaldeira, em região de altitude em Santa Catarina. Esses dados evidenciam que diversos fatores como a cultivar, latitude, altitude, sistema de condução, adaptação fenotípica e manejo do vinhedo, influenciam a atividade fotossintética das plantas.

A maior taxa de assimilação de CO₂, no ciclo produtivo 2022/23, condiz com a maior área foliar encontrada no mesmo ciclo, uma vez que maior área foliar pode contribuir para maior incremento na taxa de assimilação de CO₂ das videiras (Favero *et al.*, 2021).

Tabela 2 - Índices de clorofila a, clorofila b e clorofila total, taxa líquida de assimilação de CO₂, concentração intercelular de CO₂, eficiência de carboxilação da enzima Rubisco, temperatura do ar e da folha da cv. Merlot Noir, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

	Chla	Chlb	Chl total	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	A/C_i	Tair (°C)	Tleaf (°C)
Sist. de condução								
Espaldeira	30,44 a	15,61 a	46,05 a	13,70 a	256,25 a	0,06 a	26,57 b	26,54 b
Lira 20°	30,81 a	15,68 a	46,37 a	14,29 a	253,89 a	0,06 a	26,60 b	26,54 b
Lira 30°	30,68 a	15,45 a	46,09 a	13,99 a	243,95 a	0,06 a	26,55 b	26,68 b
Lira 40°	31,21 a	16,20 a	47,41 a	14,67 a	245,28 a	0,06 a	27,36 a	27,36 a
DMS	3,17	3,81	7,13	6,10	8,98	0,02	0,32	0,50
Ciclo de produção								
2021/22	31,01 a	15,58 a	46,51 a	13,47 b	266,62 a	0,05 b	24,31 b	24,30 b
2022/23	30,56 a	15,89 a	46,45 a	14,85 a	233,07 b	0,06 a	29,23 a	29,26 a
DMS	0,60	0,58	1,04	0,91	11,95	0,01	0,13	0,11
CV 1 (%)	5,56	13,12	8,30	23,29	8,80	21,73	0,64	1,02
CV 2 (%)	2	3,83	2,38	6,81	5,08	9,97	0,52	0,97

Letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade Chla = índice de clorofila a; Chlb = índice de clorofila b; Chl total = soma dos índices de clorofila a e b; A = Taxa líquida de assimilação de CO₂; C_i = concentração intercelular de CO₂; A/C_i = Eficiência de carboxilação da enzima Rubisco; Tair = temperatura do ar; Tleaf = temperatura da folha.

A eficiência de carboxilação da enzima rubisco, apresentou no ciclo de produção 2022/23, obteve maior valor (0,06), e no ciclo 2021/22 o menor valor (0,05). A maior eficiência no ciclo 2022/23 pode favorecer o acúmulo de sólidos solúveis nos frutos, fator de grande relevância para determinação da qualidade da uva cv. Merlot.

As variáveis temperatura do ar e temperatura da folha apresentaram para ambas as variáveis o sistema de condução em lira 40° apresentou os maiores valores (27,36°C), para temperatura do ar e temperatura da folha entre os sistemas de condução. Entre os ciclos de produção, os maiores valores foram observados no ciclo 2022/23, de 29,23°C para temperatura do ar e 29,26°C para temperatura da folha. Estes valores se encontram dentro da temperatura ótima (25 e 35°C) para fotossíntese em videiras, onde ocorre a produção e acúmulo de carboidratos (Nunes; Leite; Castro, 2016).

A maior taxa de assimilação de CO₂, de 14,85 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, e maior concentração interna de CO₂, de 266,62 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, foram obtidas nas videiras no ciclo de produção 2021/22. Sugere-se que, a baixa fixação de CO₂ pode estar relacionada a menor eficiência da atividade da enzima rubisco, que apresentou o menor valor no mesmo ciclo de produção (Domingues Neto *et al.*, 2024).

No ciclo produtivo 2021/22, foi observada uma menor eficiência de carboxilação da enzima rubisco, possivelmente relacionada às baixas temperaturas das folhas das videiras e do ar. Alguns autores sugerem que baixas temperaturas diminuem a eficiência de carboxilação da rubisco, limitando a fotossíntese nas videiras. (Hendrickson; Chow; Furbank, 2004; Hendrickson *et al.*, 2004)

A eficiência fotossintética das videiras conduzidas em lira modulável foi similar no sistema em espaldeira, explicando a capacidade da planta de suportar uma maior produtividade em razão da sua arquitetura de copa. Estes dados estão de acordo com os obtidos por Ferrer *et al.* (2008), com a cultivar Merlot conduzidas no sistema de condução em lira cultivadas no Uruguai.

Houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os ciclos de produção e os sistemas de condução para as variáveis condutância estomática, taxa de transpiração e eficiência do uso de água nas videiras (Tabela 3).

Tabela 3 - Condutância estomática ao vapor d'água, taxa de transpiração e eficiência do uso de água da cv. Merlot, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

Sist. de condução	g_s (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)		E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)		WUE (μ mol CO ₂ /mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	
	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23
Espaladeira	0,15 Ab	0,18 Aa	1,68 Ba	3,04 Aa	7,95 Aa	5,62 Ba
Lira 20°	0,19 Aab	0,16 Ba	2,13 Aa	2,60 Aa	7,18 Aab	6,21 Ba
Lira 30°	0,16 Ab	0,18 Aa	1,80 Ba	2,94 Aa	7,73 Aab	5,95 Ba
Lira 40°	0,20 Aa	0,15 Ba	2,37 Aa	2,76 Aa	6,65 Ab	6,16 Aa
CV 1 (%)	27,84		21,05		9,54	
CV 2 (%)	7,27		7,62		4,77	

Letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. g_s = condutância estomática ao vapor d'água; E = taxa transpiratória; WUE = eficiência instantânea do uso da água.

Para condutância estomática, verificou-se que no ciclo de produção 2021/22, o sistema em lira 40° resultou em videiras com maior taxa de influxo de CO₂ e fluxo de vapor de água pelos estômatos, 0,20 mol H₂O m⁻² s⁻¹. As plantas conduzidas em lira 30° e espaladeira, obtiveram os menores valores de respectivamente, 0,15 e 0,16 mol H₂O m⁻² s⁻¹. No ciclo de produção 2022/23 não houve diferença estatística entre os sistemas de condução, com valor médio de 0,17 mol H₂O m⁻² s⁻¹. Entre ciclos de produção, foi observada diferença entre os sistemas em lira 20° e 40°, apresentando maiores valores no ciclo de 2022/23, respectivamente de 0,19 e 0,20 mol H₂O m⁻² s⁻¹.

Apesar da maior concentração interna de carbono (266,62 m⁻² s⁻¹) das videiras no ciclo de produção 2021/22, o sistema de condução em lira 40° apresentou maior condutância estomática e menor eficiência do uso de água no mesmo ciclo.

Garcia-Tejera *et al.* (2023) relatam que o valor de condutância estomática ao vapor d'água esperado para videiras com boa disponibilidade de água é de 0,4 mol H₂O m⁻² s⁻¹. Já videiras com estresse hídrico severo, espera-se um valor de 0,02 a 0,06 mol H₂O m⁻² s⁻¹, segundo relatado por (Tomaz; Coletto Martínez; Arruda Pacheco, 2021). Os valores encontrados na cultivar Merlot Noir mostram que houve disponibilidade moderada de água para as videiras nas condições da Serra Gaúcha, mesmo o vinhedo não sendo irrigado, nos dois ciclos de produção avaliados.

Em condições de seca, as plantas ajustam-se às limitações ambientais ao fechar os estômatos, reduzindo a perda de água por transpiração e preservando o

equilíbrio hídrico. Esse mecanismo leva à redução da condutância estomática, o que, por sua vez, reduz a taxa de fotossíntese e o crescimento (Sun *et al.*, 2023).

A taxa de transpiração, que avalia a perda de água através dos estômatos, não apresentou diferença estatística entre os sistemas de condução, com valores médios de 2,00 e 2,84 mol H₂O m⁻² s⁻¹ para os ciclos 2021/22 e 2022/23, respectivamente. O aumento da taxa de transpiração (*E*), auxilia na manutenção da temperatura das folhas, e garante um fluxo contínuo de nutrientes e água.

Para a eficiência do uso de água houve diferença estatística entre os sistemas de condução no ciclo de produção de 2021/22. No sistema de condução em espaladeira as videiras apresentaram maior eficiência do uso de água (7,95 μmol CO₂ /mol H₂O m⁻² s⁻¹), enquanto que, no sistema em lira 40° o menor valor observado foi de 6,65 μmol CO₂ /mol H₂O m⁻² s⁻¹. No ciclo de produção de 2022/23, não houve diferença significativa entre os sistemas de condução, com valor médio de 5,99 μmol CO₂ /mol H₂O m⁻² s⁻¹.

4.3 DENSIDADE DE FLUXO DE FÓTONS FOTOSSINTETICAMENTE ATIVOS (DFFFA) NA REGIÃO DO DOSEL E DOS FRUTOS, E VOLTADA AO SOL

Nas análises de densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos na região do dossel não houve interação significativa ($p>0,05$) entre os ciclos de produção e os sistemas de condução (Tabela 4).

Tabela 4 - Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) acumulado na região do dossel da cv. Merlot em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

	DFFFA região do dossel ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{mV}^{-1}$)
Sist. De condução	
Espaladeira	1123,63b
Lira 20°	1266,13b
Lira 30°	1952,25a
Lira 40°	1989,58a
DMS	236,80
Ciclo de produção	
2021/22	1717,55a
2022/23	1448,24b
DMS	136,08
CV 1 (%)	8,09
CV 2 (%)	9,13

Letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores valores de densidades de fótons na região do dossel, foram observados nos sistemas de condução em lira modulável 30° e 40°, com valor médio de 1970,91 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Essa variação de interceptação deve-se à angulação adotada, expondo mais o dossel a interceptação da radiação solar no decorrer do dia, observa-se que o sistema de condução em lira 20° e espaladeira proporciona maior sombreamento do dossel e menor interceptação de luz, enquanto as liras 30° e 40° apresentaram maior interceptação solar.

Houve interação significativa ($p<0,05$) entre os sistemas de condução e os ciclos de produção para a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) na região do fruto da cv. Merlot (Tabela 5). Assim, os fatores foram avaliados isoladamente.

Tabela 5 - Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) acumulado na região dos cachos da cv. Merlot, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

Sist. De condução	DFFFA região dos frutos ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{mV}^{-1}$)	
	2021/22	2022/23
Espaldeira	1314,83 Aa	1133,55 Ba
Lira 20°	1153,73 Aa	1056,07 Aa
Lira 30°	1140,88 Aa	689,86 Bb
Lira 40°	885,23 Ab	758,46 Ab
CV 1 (%)	8,51	
CV 2 (%)	7,72	

Letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As videiras conduzidas em lira 40° apresentaram menor valor de fótons fotossinteticamente ativos na região dos cachos, no ciclo de produção 2021/2022, enquanto que as videiras conduzidas em espaldeira e lira 20° apresentaram maiores valores de fótons fotossinteticamente ativos na região dos cachos, no ciclo de produção 2022/2023..

Na medida de DFFFA voltado diretamente ao sol, não houve interação significativa entre os sistemas de condução e os ciclos de produção (Tabela 6). O valor médio observado entre os sistemas de condução e os ciclos de produção foi de $1700,93 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Os valores estão próximos do relatado por Taiz *et al.* (2017), que inferem, sob condições de dia claro e ensolarado, valores próximos de $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Tabela 6 - Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) na entrelinha cv. Merlot Noir, voltada ao sol, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves

	DFFFA na entrelinha voltada ao sol ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Sist. de condução	
Espaldeira	1736,73 a
Lira 20°	1683,60 a
Lira 30°	1732,15 a
Lira 40°	1651,23 a
DMS	216,22
Ciclo de produção	
2021/22	1749,00 a
2022/23	1652,86 a
DMS	252,33
CV 1 (%)	6,87
CV 2 (%)	7,88

Letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4.4 DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTIVAR MERLOT

Não houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os ciclos de produção e os sistemas de condução para a massa de poda, número de folhas ramo⁻¹, área foliar, razão área foliar e produção, índice de Ravaz, número de cachos ramo⁻¹ e massa dos cachos. Assim, os fatores foram avaliados isoladamente (Tabela 7).

Tabela 7 - Massa de poda, área foliar, razão área foliar e produção, índice de Ravaz, número de cachos ramo⁻¹ e massa de cachos da cv. Merlot em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

Sist. de condução	Massa de poda da parte aérea (kg)	Área foliar (m ²)	Razão área foliar e produção (kg m ⁻²)	Índice de Ravaz	Nº Cachos ramo ⁻¹	Massa cachos (g)
Espaladeira	1,03 b	5,34 b	0,84 ab	6,85 b	1,54 ab	153,12 a
Lira 20°	1,38 a	7,96 a	1,08 a	6,65 b	1,45 b	144,91 a
Lira 30°	1,45 a	8,07 a	0,82 ab	7,31 b	1,66 a	145,42 a
Lira 40°	1,15 ab	7,74 a	0,72 b	9,82 a	1,64 a	164,24 a
DMS	0,32	1,01	0,32	2,14	0,20	32,15
Ciclo de produção						
2021/22	1,16 b	6,48 b	0,81 a	7,92 a	1,40 b	180,59 a
2022/23	1,35 a	8,08 a	0,91 a	7,39 a	1,74 a	123,26 b
DMS	0,10	0,46	0,09	1,00	0,08	9,00
CV 1 (%)	30,40	16,34	44,00	32,78	13,46	24,84
CV 2 (%)	17,58	13,87	25,22	28,43	11,03	13,06

Letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A massa da poda da parte aérea variou significativamente entre os sistemas de condução e os ciclos de produção. As videiras conduzidas no sistema de liras 20° e 30° apresentaram os maiores valores de massa de poda, sendo de, respectivamente, 1,38 e 1,45 kg planta⁻¹, enquanto que, nas plantas conduzidas na espaladeira obteve-se valor médio de 1,03 kg planta⁻¹. Nos ciclos de produção, em 2021/22 obteve-se menor valor (1,16 kg planta⁻¹) quando comparado ao ciclo de 2022/23 (1,35 kg planta⁻¹).

Referente à área foliar, obteve-se maiores valores nas videiras conduzidas no sistema de condução em lira 20°, 30° e 40°, representando aumento de, respectivamente, 50,9% (lira 20°, 8,0 m²), 52,8% (lira 30°, 8,1 m²) e 45,3% (lira 40°,

7,7 m²) em comparação à espaldeira (5,3 m²). Este resultado era esperado, devido ao desenho espacial do dossel vegetativo da lira, que apresenta dois “dosséis” opostos e oblíquos ao tronco principal. A lira permite o aumento significativo de área foliar, devido ao dossel dividido (González-Neves; Ferrer., 2008).

O maior valor de área foliar observado no ciclo de produção 2022/23, condiz com o maior número de ramos planta⁻¹ também observado no mesmo ciclo.

Kliewer e Dokoozlian (2005) sugerem que a videira está equilibrada quando os valores de área foliar e produção estão entre 0,8 e 1,2 m² kg⁻¹ para sistema de condução com dossel simples e de 0,5 a 0,8 m² kg⁻¹ para videiras conduzidas com dossel dividido, para videira cultivadas em regiões de clima quente da Califórnia-EUA. No presente estudo, o sistema de condução em lira 40° apresentou razão igual a 0,7 m² kg⁻¹ enquanto o maior valor foi observado em lira 20°, 1,1 m² kg⁻¹, com valor médio entre os ciclos de produção de 0,85 m² kg⁻¹. De acordo com os mesmos autores, em regiões de clima mais frio, a razão ótima entre a área foliar e a produção, para a composição das uvas e conseqüente qualidade dos vinhos, é esperada que seja maior, devido à limitação de temperatura e radiação solar para a fotossíntese. Tal efeito foi relatado por Santos *et al.*, (2021), que observou variação de 0,96 a 1,46 m² kg⁻¹ com a cultivar Carbenet Sauvignon na região da Campanha Gaucha, em sistema de condução em espaldeira.

Para o índice de Ravaz o maior valor foi obtido nas videiras conduzidas na lira 40° (9,8), sendo 42% superior quando comparado com as plantas conduzidas no sistema de espaldeira. Ressalta-se que, estes valores estão dentro da faixa estabelecida pela literatura, para um bom balanço de produção e de crescimento vegetativo, que varia de 5 a 10 (Kliewer; Dooklooian, 2005; Malohlava *et al.*, 2017; Bonin *et al.*, 2024).

Os maiores valores médios do número de cachos planta⁻¹ nas videiras foram obtidos nos sistemas de condução em liras 30° e 40°, sendo de, respectivamente, 1,7 e 1,6 cachos ramo⁻¹. Entre os ciclos de produção, o maior valor foi obtido em 2022/23, com 1,7 cachos ramo⁻¹, onde as plantas apresentaram maior número de ramos planta⁻¹, que pode ser explicado pelo maior número de ramos planta⁻¹ observado no mesmo ciclo de produção.

A massa de cachos não apresentou diferença significativa entre os sistemas de condução, com valor médio de 151,9 g. No entanto, quanto aos ciclos de produção, obteve-se em 2021/22 massa de cachos de 180,6 g, superior ao valor médio obtido

em 2022/23 (123,3 g). Conforme relatado por Leão e Lima (2017) e Würz *et al.* (2023), há relação inversa entre número e a massa dos cachos, sendo que, quanto maior o número de cachos por ramo, menor a massa dos cachos, o que foi observado neste estudo. Essa relação é a consequência de uma maior disponibilidade de fotoassimilados direcionados para os cachos, em plantas com menor densidade de cachos (Leão; Lima, 2017)

Houve interação significativa entre os sistemas de condução e os ciclos de produção para a produção, número de ramos planta⁻¹, número de cachos planta⁻¹ e produtividade, o que indica que tanto os sistemas de condução quando os ciclos avaliados interferem no comportamento destas características (Tabela 8).

Tabela 8 - Produção, número de ramos planta⁻¹, número de cachos planta⁻¹ e produtividade da cv. Merlot em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

Sist. Condução	Produção (kg planta ⁻¹)		Nº ramos planta ⁻¹		Nº cachos planta ⁻¹		Produtividade (t ha ⁻¹)	
	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23
Espaladeira	6,25 Ab	7,17 Ac	24,84 Bb	33,90 Ab	33,60 Bb	58,60 Ab	13,01 Ab	14,94 Ac
Lira 20°	9,67 Aa	8,51 Abc	39,05 Ba	44,80 Aa	52,95 Ba	70,25 Ab	20,13 Aa	17,74 Abc
Lira 30°	9,58 Aa	10,69 Aab	38,35 Ba	47,35 Aa	56,05 Ba	88,40 Aa	19,94 Aa	22,26 Aab
Lira 40°	10,18 Aa	11,90 Aa	36,05Ba	48,50 Aa	52,05 Ba	88,30 Aa	21,19 Aa	24,79 Aa
CV 1 (%)	38,61		11,72		20,20		38,61	
CV 2 (%)	16,51		5,83		11,90		16,52	

Letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A lira modulável proporcionou o aumento do número de ramos, produção e produtividade das videiras. Estes resultados estão de acordo com Leão e Chaves. (2021), que obtiveram com a cultivar Chenin Blanc em condição tropical, enxertada sobre cinco porta enxertos no sistema de condução em lira, quando comparada ao sistema de condução em espaladeira, observando aumento de 50,8% no número de ramos planta⁻¹, e de 83% na produção das videiras.

No ciclo de produção de 2021/22 as videiras conduzidas em liras 20°, 30° e 40° apresentaram maior produção (kg planta⁻¹), com valores de, respectivamente, 9,7; 9,6 e 10,2 kg planta⁻¹, diferindo significativamente das plantas em espaladeira (6,2 kg planta⁻¹). No ciclo de produção de 2022/23, as maiores produções foram obtidas nas videiras conduzidas nos sistemas em lira 30° e 40°, sendo, respectivamente, de 10,7

e 11,9 kg planta⁻¹. Comparando-se os sistemas de condução em lira 20°, 30° e 40° com a espaldeira, observou-se incremento na produção planta⁻¹ de, respectivamente, 56,5%, 54,8% e 64,5% no ciclo de produção de 2021/2022, e de 18,0%, 48,6% e 65,3% no ciclo de 2022/23.

O aumento do número de ramos nos sistemas de condução em lira em relação a espaldeira reflete diretamente no aumento da produção e produtividade das videiras (Epee *et al.*, 2024).

Na avaliação de número de ramos planta⁻¹ houve diferença significativa entre os sistemas de condução, obtendo-se nas videiras conduzidas em lira 20°, 30° e 40° os maiores valores médios nos dois ciclos de produção (Tabela 8). Observou-se também, maiores valores do número de ramos planta⁻¹ no ciclo de produção de 2022/23 em relação ao ciclo 2021/22, e este fato se deve a formação mais adequada das videiras.

Esperava-se maior número de ramos planta⁻¹ em videiras no sistema de condução em lira, visto que o cordão esporonado do sistema é duas vezes maior (150 cm), quando comparado com o sistema em espaldeira (75 cm), proporcionado pelo maior número de gemas.

O número de cachos planta⁻¹ em 2021/2022 foi maior nos sistemas de condução em liras, variando de 52,1 (lira 40°) a 56,1 (lira 30°) cachos planta⁻¹, e menor valor na espaldeira, 33,6 cachos planta⁻¹. Estes valores são menores que o encontrado por Allebrandt *et al.* (2024) com a mesma cultivar, porta-enxerto e em sistema de condução em “Y”, que relataram média de 64,7 cachos planta⁻¹. Já no ciclo de 2022/23, o maior valor também foi encontrado em liras 40° e 30°, sendo de, respectivamente, 88,4 e 88,3 cachos planta⁻¹, e os menores valores na espaldeira e lira 20°, respectivamente de 58,6 e 70,3 cachos planta⁻¹. Comparando-se os ciclos de produção, houve diferença estatísticas, com maiores valores observados em 2022/23. Este fato se deve ao maior número de ramos por planta⁻¹.

O maior número de cachos planta⁻¹ nas videiras conduzidas no sistema de condução em lira modulável era esperado, visto que os sistemas de condução em lira apresentam maior número de ramos por planta.

Quanto à produtividade, houve diferença significativa entre os sistemas de condução. No ciclo de produção de 2021/22, os maiores valores foram observados em videiras conduzidas em liras 30°, 20° e 40°, com 19,9, 20,1 e 21,2 t ha⁻¹ respectivamente, e menor valor na espaldeira (13,0 t ha⁻¹). Já no ciclo de produção 2022/23, o maior valor foi observado em lira 40°, 24,8 t ha⁻¹ e menor valor na

espaldeira, 14,9 t ha⁻¹. Entre os ciclos de produção não houve diferença estatística. Os resultados deste estudo foram superiores ao relatado por Allebrandt *et al.* (2024) com a cultivar Merlot em sistema de condução em “Y”, que relataram valor médio de 3,7 t ha⁻¹.

Comparando-se o sistema de condução em lira 20°, 30° e 40° com a espaldeira, obteve-se incremento na produtividade de, respectivamente, 54,6%, 53,0% e 63,0% no ciclo de produção de 2021/2022 e de, 18,8%, 49,7% e 66,4% no ciclo de 2022/23.

O aumento de produtividade da lira modulável 40° está próximo ao observado por González-Neves e Ferrer (2008) e Ferrer *et al.* (2008), com o sistema em lira e com a mesma cultivar deste estudo, onde observaram um aumento entre 36,4 e 66,3%, na produtividade das videiras comparadas à espaldeira.

4.5 PERFIL ENOLÓGICO DO MOSTO DAS UVAS NO PONTO DE COLHEITA

Não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os ciclos de produção e sistemas de condução para a variável teor de sólidos solúveis no mosto da uva, acidez titulável e índice de maturação (Tabela 9). Os ciclos de produção influenciaram significativamente a acidez titulável.

Salienta-se que, dentre os inúmeros fatores associados ao teor de sólidos solúveis da uva, destacam-se, principalmente a disponibilidade de água no solo no período que antecede a colheita (Basso et al., 2021; Junges *et al.*, 2023). Além da disponibilidade hídrica, o teor de sólidos solúveis nas uvas pode ser influenciado pelo manejo das videiras, como raleio de frutos, e por fatores ambientais, como a altitude e a temperatura (Parker et al., 2015; Oliveira et al., 2019).

Tabela 9 - Teor de sólidos solúveis, acidez titulável (AT) e índice de maturação no mosto da uva cv. Merlot no momento da colheita, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

Sist. de condução	Sólidos Solúveis (°Brix)	Acidez Titulável (mEq L ⁻¹)	Índice de maturação (SS/ AT g L ⁻¹)
Espaladeira	21,78 a	58,95 a	5,00 a
Lira 20°	22,01 a	63,34 a	4,70 a
Lira 30°	22,02 a	61,08 a	4,82 a
Lira 40°	22,06 a	57,78 a	5,15 a
DMS	0,81	6,79	0,62
Ciclo de produção			
2021/22	22,04 a	62,02 b	4,77 a
2022/23	21,89 a	58,55 a	5,06 a
DMS	0,36	3,35	0,30
CV 1 (%)	3,22	9,86	3,13
CV 2 (%)	2,73	9,23	2,74

Letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Callili *et al.* (2023), o excesso de vigor vegetativo, aliado a condições de umidade e baixa radiação, favorecem o sombreamento na região dos cachos e impacta diretamente no acúmulo de sólidos solúveis nas bagas. Porém neste estudo, as videiras conduzidas no sistema de liras, com maiores valores de massa de poda, área foliar e índice de Ravaz (Tabela 7) quando comparado as videiras conduzidas na espaladeira, não apresentaram variação no teor de sólidos solúveis quando comparados ao sistema em espaladeira.

A manipulação da arquitetura do dossel é usada para ajustar as concentrações de açúcar, mas os níveis podem aumentar, ou permanecer inalterados como observado neste estudo, demonstrando uma melhoria no microclima do cacho, sem impactar as proporções de área foliar para peso do fruto (Assefa *et al.*, 2024).

Para acidez titulável do mosto das uvas, foi observado valor médio de 60,29 mEq L⁻¹ entre os sistemas de condução. Os ciclos de produção influenciaram significativamente no teor de acidez titulável, com maior teor no ciclo de produção 201/22, 62,02 mEq L⁻¹.

Allebrandt *et al.* (2024) observaram maior valor médio de acidez titulável na cultivar Merlot, enxertada sobre porta enxerto Paulsen 1103 e em sistema de condução em “Y”, com área foliar maior que o encontrado neste estudo.

Segundo Zufferey *et al.* (2017) a maior exposição dos cachos a luz solar favorece a degradação dos ácidos na baga, pelo aumento da temperatura. Neste estudo foi observado a manutenção da acidez titulável nos diferentes sistemas de condução.

O índice de maturação apresentou valor médio de 4,91 nos sistemas de condução e de 4,92 nos ciclos de produção.

Para o pH foi observado interação significativa ($p < 0,05$) entre os sistemas de condução e os ciclos de produção (Tabela 10). O pH do mosto das uvas apresentou variação significativa no ciclo de produção 2021/22, com menor valor encontrado na lira 20°, 3,35, e menores valores nas liras espaldeira, liras 30° e 40°, com valor médio de 3,59. No ciclo de produção de 2022/23 o sistema de condução em espaldeira apresentou o maior valor de pH, 3,46. Referente aos ciclos de produção, a tendência de maiores valores de pH foram obtidos em 2021/22. Baixos valores de pH são interessantes para a conservação do vinho, pois inibem o crescimento bacteriano, bem como limita a produção da acidez volátil (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

A acidez e o pH conferem longevidade aos vinhos, visto que o elevado teor de acidez titulável evita possível deterioração microbiológica ou possíveis contaminações (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

De acordo com Spayd *et al.* (2002), o pH tem relação inversa a acidez titulável. O alto teor de sólidos solúveis e baixo valor de acidez titulável condizem com o descrito por Mota *et al.* (2020), no qual durante a maturação, há a tendência de redução da acidez, acúmulo de açúcares e aumento do pH.

Tabela 10 - pH do mosto da uva cv. Merlot em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

Sist. de condução	pH	
	2021/22	2022/23
Espaladeira	3,58 Aa	3,46 Ba
Lira 20°	3,35 Ab	3,36 Ab
Lira 30°	3,61 Aa	3,42 Bab
Lira 40°	3,59 Aa	3,38 Bb
CV 1 (%)	1,37	
CV 2 (%)	1,23	

Letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em uvas para vinificação, o índice de maturação ideal para a colheita é obtido por diferentes critérios, como estilo de vinho a ser elaborado, variando da região produtora, condições climáticas e tipo de vinho que se deseja produzir (Mota *et al.*, 2006; Mota *et al.*, 2020).

4.6 COMPOSTOS FENÓLICOS INDIVIDUAIS E TOTAIS DOS EXTRATOS DE PELÍCULA E POLPA

4.6.1 Antocianinas

Na caracterização de antocianinas individuais e totais dos extratos de película e polpa das uvas da cv. Merlot, houve interações significativas ($p > 0,05$) entre os ciclos de produção e os sistemas de condução (Tabela 11).

Para o composto malvidina 3-O-glucosídeo, os maiores teores foram observados no ciclo de produção 2021/22, nos extratos de película e polpa das uvas produzidas em videiras conduzidas em espaladeira, lira 20° e lira 40°, com valor médio de 257,45 mg kg⁻¹, e o menor teor em uvas no sistema de condução em lira 30°, 146,43 mg kg⁻¹. Já no ciclo de produção 2022/23, os maiores teores foram observados também em uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 20° e lira 40°, com valor médio de 205,32 mg kg⁻¹, e os menores teores em lira 30° e espaladeira, com valor médio de 142,17 mg kg⁻¹. Entre os ciclos de produção foi observada diferença significativa para os sistemas de condução nos extratos de película e polpa.

O composto malvidina é a principal antocianina encontrada em uvas, e apresenta propriedades anti-inflamatórias e beneficiando a saúde cardiovascular (Decendit *et al.*, 2013; Delić *et al.*, 2024). É o composto majoritário nos extratos de película e polpa das uvas, predominante nas cultivares 'Carbenet Sauvignon' e 'Merlot' (Delić *et al.*, 2024; Benbouguerra *et al.*, 2021).

Os teores de malvidina obtidos nas uvas produzidas em videiras conduzidas no sistema de condução em espaldeira e liras 20°, 30° e 40° foram, respectivamente, 54,3%, 42,5%, 34,7% e 56,3% do total de antocianinas no ciclo 2021/22, e 25,3%, 27,7%, 25,2% e 41,6% no ciclo 2022/23. A redução observada pode estar relacionada à menor incidência de radiação na região dos frutos durante o ciclo produtivo de 2022/23, que foi em média 11,86% inferior ao ciclo anterior (vide Tabela 5). Essa hipótese é respaldada pela literatura, como demonstrado no estudo de Haselgrove *et al.* (2000), que relataram maiores teores de malvidina em cachos da cultivar Syrah expostos a maior radiação.

Para o composto peonidina 3-O-glucosídeo, o maior teor foi encontrado em uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 30° (109,57 mg kg⁻¹) no ciclo de produção 2021/22. No ciclo 2022/33, os maiores teores foram observados em uvas provenientes de videiras conduzidas em espaldeira, lira 20° e lira 30°, com valor médio de 112,73 mg kg⁻¹. Houve diferença significativa entre os ciclos de produção para videiras conduzidas nos sistemas de condução em espaldeira, lira 20° e 40°, sendo que os maiores teores de peonidina 3-O-glucosídeo foram registrados no ciclo de 2022/23. No sistema em lira 30°, não foi observada diferença estatística entre os ciclos. Este composto, juntamente com a malvidina, auxilia na redução da expressão de genes inflamatórios no organismo (Mackert; McIntosh., 2016).

A peonidina 3-O-glucosídeo está presente em maior quantidade em cultivares tintureiras com a 'Alicant Bouschet' (Delić *et al.*, 2024).

O teor de cianidina 3-O-glucosídeo variou entre os sistemas de condução e ciclos de produção. Em 2022, o maior valor foi observado na lira 40°, com 66,45 mg kg⁻¹, e o menor na espaldeira, com 41,40 mg kg⁻¹. No ciclo de 2023, o maior teor foi encontrado na lira 20°, com 99,37 mg kg⁻¹, enquanto os menores foram registrados na lira 40°, espaldeira e lira 30°, com 54,04, 61,30 e 65,89 mg kg⁻¹, respectivamente. Nos sistemas espaldeira, lira 20° e lira 30°, os maiores teores ocorreram em 2023, com média de 75,52 mg kg⁻¹. Já na lira 40°, o teor foi mais elevado em 2021/22. O composto cianidina 3-O-glucosídeo atua contra doenças inflamatórias crônicas e

oferece proteção contra a degeneração retiniana causada pela luz (Fratantonio *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2024).

Para o composto delfinidina 3-O-glucosídeo, obteve-se maior teor em uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 20°, nos dois ciclos de produção. Nos sistemas de condução em espaldeira, lira 20°, 30° e lira 40°, as uvas apresentaram maiores teores desse composto no ciclo de produção 2022/23, com teor médio de 127,17 mg kg⁻¹.

Os compostos minoritários nas uvas foram a cianidina 3,5-O-diglucosídeo e a malvidina 3,5-O-diglucosídeo, com teores variando conforme o sistema de condução e o ciclo de produção. Para a cianidina 3,5-O-diglucosídeo, houve diferença significativa entre os sistemas no ciclo 2022/23. Em 2021/22, o valor médio foi de 0,65 mg kg⁻¹. No ciclo seguinte, o maior teor foi observado na lira 30°, com 0,20 mg kg⁻¹, e os menores na espaldeira e lira 40°, com 0,07 mg kg⁻¹, e na lira 20°, com 0,09 mg kg⁻¹. A lira 30° foi o único sistema com aumento significativo no ciclo de 2022/23.

Para a malvidina 3,5-O-diglucosídeo, também houve diferença significativa entre os sistemas e ciclos. Em 2021/22, o maior teor foi registrado na lira 30°, com 0,07 mg kg⁻¹, e o menor na lira 20°, com 0,03 mg kg⁻¹. Já em 2022/23, os maiores teores foram encontrados na espaldeira e lira 20°, com 0,35 mg kg⁻¹, e os menores nas liras 30° e 40°, com média de 0,03 mg kg⁻¹. Entre os ciclos, os sistemas lira 20°, 30° e 40° apresentaram maiores teores em 2021/22, enquanto a espaldeira apresentou maiores teores em 2022/23.

O baixo teor das antocianinas: cianidina 3,5-O-diglucosídeo e malvidina 3,5-O-diglucosídeo, encontrados nos extratos de película e polpa das uvas está de acordo com o relatado na literatura, por serem essas encontradas em altas concentrações e predominantes em *V. labrusca* e cultivares híbridas, enquanto as antocianinas monoglucosídicas são encontradas em maiores concentrações em *V. vinífera* L. (Hornedo-Ortega *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2022; Francisco Neto *et al.*, 2024).

No teor total de antocianinas, nos extratos de película e polpa das uvas, foi observada diferença estatística entre os sistemas de condução. O maior teor foi observado nos extratos de película e polpa em uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 20° em ambos os ciclos de produção, 501,93 mg kg⁻¹ em 2021/22 e 698,19 mg kg⁻¹ no ciclo 2022/23. Entre os ciclos de produção foi observada diferença significativa para os sistemas de condução, com maiores teores em uvas produzidas no ciclo 2022/23.

As antocianinas são os pigmentos naturais mais importantes nas uvas, responsáveis pela cor vermelha nos vinhos (Benbouguerra *et al.*, 2021). São predominantemente acumuladas na película das uvas durante a maturação, podendo, em variedades tintureiras, estar presentes também na polpa, desempenhando papel importante na vinificação, sendo responsáveis pela cor vermelha do vinho (Iacopini *et al.*, 2008; Hornedo-Ortega *et al.*, 2020; Delić *et al.*, 2024).

Observou-se que as uvas produzidas em videiras conduzidas em lira modulável mantiveram o teor de antocianinas comparado a espaldeira, quando comparados os sistemas de condução, o teor de antocianinas nas uvas não diferiu significativamente entre as liras 30° e 40° e espaldeira.

O sistema de condução em lira modulável 20° e espaldeira, apresentaram maior exposição solar dos cachos pela conformação espacial do dossel. Comparando as uvas produzidas em videiras no sistema de condução em lira 20° apresentaram aumento de 17% no teor de antocianinas. Já uvas produzidas nos sistemas de condução em lira 30° e 40° apresentaram um decréscimo percentual de, respectivamente, 6% e 4% no teor de antocianinas totais pela média dos teores das duas safras, essa variação dá-se devido as antocianinas analisadas representarem mais de 97% do teor total de compostos fenólicos analisados neste estudo em ambos ciclos produtivos.

A manutenção do teor de antocianinas em uvas de videiras conduzidas em sistema em lira também foi observada em estudo de Kyraleou *et al.* (2015), que relataram melhoria na composição de antocianinas nas películas da uva da cultivar Xinomavro em relação as produzidas no sistema em espaldeira. O efeito pode ser atribuído a fatores como a melhor relação fonte-dreno e distribuição de assimilados nas videiras conduzidas em lira, maior proporção de folhas externas, favorecendo o balanço de carbono, e a melhora do microclima luminoso devido à menor densidade do dossel, especialmente na zona de frutificação, o que intensifica a síntese de antocianinas (Kyraleou *et al.*, 2015).

O acúmulo de antocianinas nos frutos está correlacionado ao nível de exposição dos cachos à luz solar aliado ao favorecimento do microclima na região do cacho, podem explicar os maiores teores observados neste estudo em uvas produzidas no sistema de condução em lira 20° quando comparadas ao sistema em espaldeira (Hussain Shah *et al.*, 2022; Afifi *et al.*, 2023).

O intervalo ideal de temperatura para o acúmulo de antocianinas varia de 17 a 26 °C, estando dentro das temperaturas médias observadas neste estudo (Oliveira *et al.*, 2019).

Segundo Benbouguerra *et al.* 2021, as antocianinas são os compostos predominantes nas películas das uvas tintas no estágio de maturação, representando entre 94-95% dos compostos fenólicos em uvas como Merlot, Syrah e Tannat. Neste estudo o teor médio de antocianinas representou nas uvas produzidas em sistema de espaldeira, liras 20°, 30° e 40° respectivamente, 97,89%, 98,08%, 97,52% e 97,47% dos compostos fenólicos analisados nas medias da porcentagem nos dois ciclos de produção.

Tabela 11 - Teor de antocianinas individuais e totais nos extratos de película e polpa das uvas analisados por UPLC/MS, na cv. Merlot em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

Sist. de condução	Cianidina 3-O-glucosídeo		Delfinidina 3-O-glucosídeo		Peonidina 3-O-glucosídeo		Petunidina 3-O-glucosídeo		Malvidina 3-O-glucosídeo		Cianidina 3.5-O-diglucosídeo		Malvidina 3.5-O-diglucosídeo		Total antocianinas	
	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23
	mg kg ⁻¹															
Espaldeira	41,40 Bc	61,30 Ab	42,72 Bb	140,14 Aab	72,30 Bb	106,12 Aa	50,53 Ba	120,39 Aab	245,78 Aa	145,33 Bb	0,06 Aa	0,07 Ab	0,05 Bab	0,35 Aa	452,84 Bb	573,70 Ab
Lira 20°	42,95 Bcb	99,37Aa	80,72 Ba	158,69 Aa	63,62 Bb	115,14 Aa	50,81 Ba	131,16 Aa	263,74 Aa	193,67 Ba	0,07 Aa	0,09 Ab	0,03 Ab	0,08 Bb	501,93 Ba	698,19 Aa
Lira 30°	55,19 Bab	65,89 Ab	57,22 Bab	119,48 Ab	109,57 Aa	116,92 Aa	52,87 Ba	110,39 Ab	146,43 Ab	139,00 Ab	0,07 Ba	0,20 Aa	0,07 Aa	0,04 Bc	421,42 Bb	551,91 Ab
Lira 40°	66,45 Aa	54,04 Bb	53,82 Bb	90,36 Ac	29,99 Bc	83,97 Ab	53,55 Ba	76,55 Ac	262,84 Aa	216,96 Ba	0,06 Aa	0,07 Ab	0,05 Aab	0,02 Bc	466,77 Bb	521,98 Ab
CV 1 (%)	16,59		31,43		17,26		17,30		24,18		90,76		41,49		15,65	
CV 2 (%)	21,21		20,06		20,75		15,61		18,02		84,77		39,30		11,41	

Letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados são expressos em mg kg⁻¹ de uvas frescas.

4.6.2 Flavonóis, flavanonol e estilbenol

Nos teores de flavonóis, flavanonol e estilbeno, houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os ciclos de produção 2021/22 e 2022/23 e os sistemas de condução, nos extratos de película e polpa de uvas Merlot analisados por UPLC/MS (Tabela 12).

O composto isoquercitina foi o flavonol predominante nos extratos de película e polpa das uvas, com variação significativa entre os sistemas de condução. O sistema em lira 30° apresentou os maiores teores nos dois ciclos de produção (1,50 mg/kg em 2021/22 e 2,07 mg/kg em 2022/23), enquanto os menores teores foram registrados em espaldeira, lira 20° e lira 40° (média de 0,95 mg/kg). Entre os ciclos, houve diferença significativa: em espaldeira, lira 20° e 30°, os teores foram maiores em 2022/23, enquanto na lira 40° o maior valor foi observado em 2021/22 (1,01 mg/kg).

No teor de rutina (quercetina-3-O-rutinisídeo), foi observado diferença significativa entre os sistemas de condução. Os maiores valores foram observados nas uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 40° e lira 20°, respectivamente 0,62 e 0,65 mg kg⁻¹, e os menores teores foram observados em uvas produzidas em videiras conduzidas em espaldeira e lira 30°, respectivamente 0,20 e 0,34 mg kg⁻¹. Entre os ciclos de produção foi observado diferença significativa para os sistemas de condução. Os sistemas de condução em lira, apresentaram maiores teores de rutina nas uvas no ciclo de produção 2021/22, enquanto os menores teores de rutina foram observados em uvas no ciclo de produção 2022/23, conduzidas em sistemas de condução em lira 30° e 40°.

Para o composto taxifolina, nos extratos de película e polpa das uvas, foi observada diferença significativa entre os sistemas de condução. As uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 40° apresentaram o maior teor, 0,50 mg kg⁻¹, enquanto os menores teores foram observados em sistema de condução em espaldeira, lira 20° e lira 30°, com valores de, respectivamente 0,30, 0,28 e 0,32 mg kg⁻¹. No ciclo de produção foi observada diferença significativa para uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 30° e 40°, que apresentaram maiores teores nos extratos de película e polpa no ciclo de produção 2021/22. Para as uvas nos sistemas de condução em espaldeira e a lira 20°, não foi observada diferença significativa entre os ciclos de produção.

A taxifolina, é um flavonoide bioativo natural, do grupo dos flavanonois, que possui uma capacidade antioxidante superior à dos flavonoides comuns,

apresentando efeito na função cerebral, contra diversas doenças como o Alzheimer (Jain; Vaidya., 2023; Liu *et al.*, 2023; Shinozaki *et al.*, 2023).

Para o composto resveratrol nas uvas da cultivar Merlot foi observada diferença significativa entre os sistemas de condução para o teor de estilbenos nos extratos de película e polpa das uvas. O composto apresentou variações significativas entre os ciclos de produção e sistemas de condução. Em 2021/22, o maior teor foi registrado em uvas da lira 40° (2,88 mg/kg, 0,6% dos fenólicos totais), e o menor em espaladeira (1,56 mg/kg, 0,3%). Já em 2022/23, os maiores teores foram observados nas uvas das liras 20° e 30° (2,18 e 2,29 mg/kg), enquanto o menor ocorreu na lira 40° (1,16 mg/kg). Houve diferença significativa entre os ciclos: a lira 40° se destacou em 2021/22, enquanto espaladeira, lira 20° e lira 30° apresentaram maiores teores em 2022/23, com média de 2,31 mg/kg.

Segundo relatado por Benbouguerra *et al.* (2021), os estilbenos, pertencentes a família dos não flavonoides, encontram-se em baixa concentração nas uvas (1%), de acordo com os teores encontrados neste estudo, estando majoritariamente localizados na película.

O resveratrol é um estilbeno, e é principalmente encontrado na película das uvas (Benbouguerra *et al.*, 2021). Esse composto é amplamente estudado, com benefícios à saúde humana, incluindo ação anti-inflamatória, cardioprotetora, neuroprotetora e anticancerígena (Iacopini *et al.*, 2008; Sy *et al.*, 2023).

Foi observado maior acúmulo de resveratrol nas uvas produzidas no ciclo de produção 2021/22, no sistema de condução em espaladeira, que apresentou maior temperatura da folha e do ar (vide Tabela 2), pode-se assim correlacionar o aumento da temperatura do dossel e conseqüentemente na região do fruto, favorecendo o acúmulo de resveratrol. Reforçando o descrito por Oliveira *et al.* (2019), que relataram uma forte influência da temperatura na síntese deste composto.

Segundo Oliveria *et al.* (2019) e Blancquaert *et al.* (2019), o manejo do vinhedo bem como fatores edafoclimáticos afetam diretamente no teor flavonóis. Esses compostos são influenciados por exposição solar, em geral é esperado que cachos com maior exposição solar apresentem maior teor de flavonóis, devido ao incremento da síntese destes compostos.

Os teores de flavonóis totais, flavanonol e estilbeno variaram significativamente entre os sistemas de condução e ciclos de produção. Em 2021/22, o maior teor foi observado na lira 40°, 6,01 mg/kg, e o menor na espaladeira, 3,22 mg/kg. Em 2022/23,

a lira 30° apresentou o maior teor, 6,54 mg/kg, enquanto a lira 40° teve o menor, 2,61 mg/kg. Houve diferença significativa entre os ciclos para os sistemas espaldeira, lira 30° e lira 40°: espaldeira e lira 30° apresentaram maiores teores em 2022/23, enquanto a lira 40° teve seu pico em 2021/22. Para a lira 20°, não houve variação significativa entre os ciclos, com média de 4,96 mg/kg.

Nos teores totais de flavonóis e flavanonol e estilbeno, destacam-se as uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 40° no ciclo de produção 2021/22, com teor de 6,01 mg kg⁻¹, e uvas produzidas em videiras conduzidas lira 30° no ciclo de produção 2022/23, com 6,54 mg kg⁻¹. Em comparação à espaldeira, as uvas produzidas em videiras conduzidas em lira apresentaram aumento de respectivamente, 25%, 41% e 9% no teor total de flavonóis e estilbeno (lira 20°, lira 30° e lira 40°), pela média dos teores dos ciclos de produção.

Tabela 12 - Teor de flavonóis individuais, flavanonol e estilbeno, e total flavonóis e estilbeno, em extratos de película e polpa das uvas analisados por UPLC/MS, da cv. Merlot em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

Sist. de condução	Rutina (Quercetina-3-O-rutinisídeo)		Kaempferol 3-O-glucosídeo		Isoquercetina		Miricetina 3-O- glucosídeo		Taxifolina		Resveratrol		Total flavonóis, flavanonol e estilbeno	
	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23
	mg kg ⁻¹													
Espaladeira	0,20 Bb	0,48 Ab	0,18 Bc	0,72 Ab	0,30 Ab	1,34 Ab	0,14 Ac	0,15 Abc	0,30 Ab	0,29 Aa	1,56 Ac	1,68 Ab	3,22 Bc	4,65 Ab
Lira 20°	0,65 Aa	0,73 Aa	0,26 Ab	0,24 Ac	0,32 Ab	1,30 Ab	0,34 Ab	0,24 Bb	0,32 Ab	0,32 Aa	2,34 Ab	2,18 Aa	4,91 Ab	5,01 Ab
Lira 30°	0,34 Ab	0,17 Bc	0,27 Bb	1,09 Aa	0,28 Ab	2,07 Aa	0,18 Bc	0,74 Aa	0,28 Ab	0,17 Bb	2,00 Abc	2,29 Aa	4,58 Bb	6,54 Aa
Lira 40°	0,62 Aa	0,17 Bc	0,43 Aa	0,21 Bc	0,50 Ba	0,62 Ac	0,57 Aa	0,13 Bc	0,50 Aa	0,32 Ba	2,88 Aa	1,16 Bc	6,01 Aa	2,61 Bc
CV 1 (%)	23,16		17,11		14,22		34,78		9,75		19,11		12,88	
CV 2 (%)	40,10		17,85		22,45		21,04		16,93		24,69		12,78	

Letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados são expressos em mg kg⁻¹ de uvas frescas.

4.6.3 Flavanóis e procianidinas

Nos teores de flavanóis e procianidinas individuais e totais, nos extratos de película e polpa das uvas da cultivar Merlot, houve interação significativa ($p>0,05$) entre os ciclos de produção 2021/22 e 2022/23 e os sistemas de condução, analisados por UPLC/MS (Tabela 13).

O teor de catequina variou significativamente entre os sistemas de condução nos extratos de película e polpa das uvas. No ciclo de 2021/22, os maiores teores foram encontrados nas uvas das liras 20° e 40°, com 1,86 mg kg⁻¹ e 1,91 mg kg⁻¹, enquanto o menor foi registrado na lira 30°, com 1,37 mg kg⁻¹. No ciclo de 2022/23, a lira 20° apresentou o maior teor, com 3,22 mg kg⁻¹, e os menores foram observados nas liras 40° e 30°, com 1,57 mg kg⁻¹ e 1,64 mg kg⁻¹, respectivamente. Houve diferença significativa entre os ciclos para os sistemas espaldeira, lira 20° e lira 40°. Espaldeira e lira 20° apresentaram os maiores teores no ciclo de 2022/23, enquanto a lira 40° teve o maior valor em 2021/22. Para a lira 30°, não foi observada variação significativa entre os ciclos, com valor médio de 1,51 mg kg⁻¹.

O composto majoritário nas uvas em ambos os ciclos de produção foi a catequina, estando de acordo com o relatado na literatura para a cultivar Merlot (Iacopini *et al.*, 2008; Benbouguerra *et al.*, 2021).

O teor do composto epicatequina apresentou diferença significativa entre os sistemas de condução. No ciclo de produção 2022, as uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 40° apresentou o maior teor, 0,73 mg kg⁻¹, enquanto o menor valor foi observado nas uvas produzidas em videiras conduzidas lira 30° (0,43 mg kg⁻¹). Já no ciclo de produção 2022/23, o maior teor foi encontrado nas uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 20°, 1,46 mg kg⁻¹. Entre os ciclos de produção foi observado diferença significativa para o sistema de condução em uvas produzidas em videiras conduzidas em espaldeira, lira 20° e 30°, que apresentaram maiores teores no ciclo de produção 2022/23 respectivamente, 1,26, 1,46 e 1,18 mg kg⁻¹, enquanto os menores teores nas uvas foram observados no ciclo de produção 2021/22 respectivamente. Para as uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 40°, não foi observado diferença significativa entre os ciclo de produção o teor variou de 0,73 mg kg⁻¹ (2021/22) e 0,62 mg kg⁻¹ (2022/23).

O teor de epigalocatequina galato, apresentou diferença significativa entre os sistemas de condução. No ciclo de produção 2022, as uvas produzidas em videiras

conduzidas em espaldeira apresentou o maior teor, 1,69 mg kg⁻¹, enquanto o menor valor foi observado nas uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 20° (1,37 mg kg⁻¹). Já no ciclo de produção 2023, o maior teor foi encontrado nas uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 40°, 1,93 mg kg⁻¹, e menor teor nas uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 30° (1,28 mg kg⁻¹). Entre os ciclos de produção foi observado diferença significativa para o sistema de condução 40°, que apresentou maior teor nas uvas produzidas no ciclo de produção 2022/23, 1,93 mg kg⁻¹, enquanto o menor teor foi observado no ciclo de produção 2021/22, 1,41 mg kg⁻¹. Para as uvas produzidas em videiras conduzidas em espaldeira, lira 20° e 30°, não foi observado diferença significativa entre os ciclos de produção, o teor variou de respectivamente 1,69, 1,37 e 1,45 mg kg⁻¹ (2021/22), e 1,62, 1,47 e 1,28 mg kg⁻¹ (2022/23).

Segundo Šikuten *et al.* (2020), estudos com epigallocatequina galato aliado a outros compostos fenólicos como o resveratrol demonstraram prevenir o crescimento de células cancerígenas, sendo utilizada em células de câncer de mama. A combinação mostrou um efeito sinérgico, suprimindo a proliferação celular e aumentando a atividade antioxidante, superando os efeitos de cada composto isolado.

Os flavanóis estão localizados em várias partes sólidas dos cachos (película, engaço e sementes) e atuam na estabilização da cor dos vinhos, além de influenciar características como amargor e adstringência (Hornedo-Ortega *et al.*, 2020).

As procianidinas B1 e B2 foram os compostos minoritários nos extratos de película e polpa das uvas, encontrados em ambos os ciclos de produção. A procianidina B1 foi predominante, de acordo com o relatado por Monagas *et al.*, (2003) nas cultivares Tempranillo, Graciano e Cabernet Sauvignon.

Os teores de procianidinas B1 e B2 apresentaram variações significativas entre os sistemas de condução e ciclos de produção. Para a procianidina B1, em 2021/22, os maiores teores foram observados nas liras 30° e 40°, com 0,58 mg kg⁻¹ e 0,57 mg kg⁻¹ respectivamente, enquanto os menores foram registrados na espaldeira e lira 20°, com 0,28 mg kg⁻¹ e 0,26 mg kg⁻¹. Em 2022/23, o maior teor foi na lira 40°, com 2,02 mg kg⁻¹, e os menores novamente na espaldeira e lira 20°, com 0,85 mg kg⁻¹ e 0,74 mg kg⁻¹. Entre os ciclos, os maiores valores ocorreram em 2022/23.

Para a procianidina B2, houve diferença significativa entre os sistemas no ciclo 2022/23. Em 2021/22, o valor médio foi de 0,23 mg kg⁻¹. No ciclo seguinte, o maior teor foi encontrado na lira 40°, com 1,14 mg kg⁻¹, e o menor na lira 20°, com 0,19 mg kg⁻¹. Entre os ciclos, espaldeira, lira 30° e lira 40° apresentaram maiores teores em

2022/23. Para a lira 20°, não houve diferença significativa entre os ciclos, com valor médio de 0,20 mg kg⁻¹.

As procianidinas são estruturas mais complexas, também chamadas de taninos condensados, formadas principalmente por catequina e epicatequina, e atuam na estabilização da cor em vinhos além de propriedades organolépticas, como adstringência (Hornedo-Ortega et al., 2020).

Nos teores de flavanóis totais, nos extratos de película e polpa, as uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 40° destacou-se com os maiores teores nos dois ciclos de produção, 6,29 mg kg⁻¹ no ciclo de produção 2021/22 e 8,83 mg kg⁻¹ no ciclo de produção 2022/23. Os menores valores foram encontrados em uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 30°, lira 20° e espaldeira no ciclo de produção 2021/22 (respectivamente 4,90, 5,08 e 5,53 mg kg⁻¹), enquanto, em 2022/23, o menor valor foi observado em uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 30° (7,29 mg kg⁻¹). Entre os ciclos de produção, foi observada diferença significativa, com maiores teores registrados no ciclo de produção 2022/23.

Shi *et al.* (2023) relataram menores concentrações de flavanóis em uvas da cultivar Petit Verdot, produzidas em um ciclo mais seco e com maior radiação, enquanto os maiores teores foram observados em um ciclo com menor radiação e maior pluviosidade. Segundo os autores, essa diferença no acúmulo de flavanóis está relacionada à maior intensidade de luminosa combinada com a redução de precipitação durante o período de maturação, o que acelera a oxidação desses compostos e resulta em menores concentrações no momento da colheita. O mesmo padrão foi observado neste estudo, com teores mais elevados de flavonóis em uvas do ciclo 2022/23, que apresentou maior pluviosidade e menor radiação na região dos frutos.

Os flavanóis nas uvas normalmente atingem sua concentração máxima no *veraison*, seguido por um declínio gradual durante a maturação (Shi et al., 2023). No ciclo de produção de 2022/23, os maiores teores de fenólicos totais foram observados em uvas provenientes dos sistemas de condução em lira modulável 40°. Comparando as médias dos ciclos de produção 2021/22 e 2022/23, em relação à espaldeira, as liras 20° e 30° apresentaram aumento no teor de flavanóis totais de 1% e 17%, respectivamente, enquanto a lira 40° apresentou decréscimo de 6%.

Tabela 13 - Teor de flavanóis e procianidinas individuais, e totais em extratos de película e polpa das uvas analisados por UPLC/MS, na cv. Merlot, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

Sist. de condução	Catequina		Epicatequina		Epicatequina galato		Epigalocatequina		Epigalocatequina galato		Procianidina B1		Procianidina B2		Total flavanóis e procianidinas	
	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23	2021/22	2022/23
	mg kg ⁻¹															
Espaldeira	1,62 Bab	2,27 Ab	0,48 Bbc	1,26 Aab	0,55 Aa	0,35 Ba	0,68 Ab	0,41 Bc	1,69 Aa	1,62 Ab	0,28 Bb	0,85 Ac	0,23 Ba	0,62 Ab	5,53 Bb	7,39 Abc
Lira 20°	1,86 Ba	3,22 Aa	0,70 Bab	1,46 Aa	0,31 Ac	0,35 Aa	0,37 Bc	0,60 Ac	1,37 Ab	1,47 Abc	0,26 Bb	0,74 Ac	0,22 Aa	0,19 Ac	5,08 Bb	8,02 Ab
Lira 30°	1,37 Ab	1,64 Ac	0,43 Bc	1,18 Ab	0,36 Aab	0,28 Bb	0,50 Bbc	0,91 Ab	1,45 Aab	1,28 Ac	0,58 Ba	1,12 Ab	0,23 Ba	0,88 Ab	4,90 Bb	7,29 Ac
Lira 40°	1,91 Aa	1,57 Bc	0,73 Aa	0,62 Ac	0,39 Ab	0,25 Bb	1,05 Ba	1,29 Aa	1,41 Bab	1,93 Aa	0,57 Ba	2,02 Aa	0,23 Ba	1,14 Aa	6,29 Ba	8,83 Aa
CV 1 (%)	17,51		35,99		14,60		34,54		13,56		32,66		51,88		11,73	
CV 2 (%)	19,85		12,92		14,99		26,08		23,13		27,58		50,61		7,62	

Letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados são expressos em mg kg⁻¹ de uvas frescas.

4.6.4 Ácido caftárico

Nos teores de ácido caftárico dos compostos fenólicos nos extratos de película e polpa das uvas da cultivar Merlot houve interação significativa ($p>0,05$) entre os ciclos de produção e os sistemas de condução, nos extratos de película e polpa analisados por UPLC/MS (Tabela 14). Teor de ácido caftárico em extratos de película e polpa das uvas analisado por UPLC/MS, da cv. Merlot, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

Tabela 14 - Teor de ácido caftárico em extratos de película e polpa das uvas analisado por UPLC/MS, da cv. Merlot, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

Sist. de condução	Ácido caftárico	
	2021/22	2022/23
	mg kg ⁻¹	
Espaladeira	0,73 Ab	0,70 Ab
Lira 20°	0,19 Ad	0,14 Ad
Lira 30°	0,48 Bc	1,14 Aa
Lira 40°	1,16 Aa	0,57 Bc
CV 1 (%)	16,64	
CV 2 (%)	21,67	

Letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados são expressos em mg kg⁻¹ de uvas frescas.

No ciclo de produção de 2021/22, nos extratos de película e polpa, as uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 40° apresentaram o maior teor, 1,16 mg kg⁻¹, e as uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 20°, o menor teor, 0,19 mg kg⁻¹. Já no ciclo de produção de 2022/23, as uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 30° apresentaram o maior teor, 1,14 mg kg⁻¹ e o menor teor foi encontrado em uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 20°, 0,14 mg kg⁻¹.

Comparando o teor de ácido caftárico entre os sistemas de condução, observou-se um aumento de 12% e 19% nas uvas de lira 30° e 40°, respectivamente, enquanto as uvas de lira 20° apresentaram uma redução de 88% em relação as uvas conduzidas em espaladeira. Em variedades tintas, esse ácido atua como copigmento, favorecendo a formação de pigmentos mais estáveis. Como consequência, em vinhos

jovens, é considerado estabilizador de cor devido à copigmentação com antocianinas (Hornedo-Ortega et al., 2020).

Segundo Karaoğlan *et al.* (2015), o teor de ácido caftárico é inversamente proporcional à exposição do cacho a radiação solar, podendo estar relacionada a hidrólise do ester tartárico, que participa da formação do mesmo (Boulebd *et al.*, 2022). Logo, a maior exposição solar dos cachos no sistema de condução em lira 20° pode ter contribuído com o baixo teor do ácido quando comparado com os outros sistemas de condução.

4.6.5 Teor total de compostos fenólicos

Nos teores totais dos compostos fenólicos nos extratos de película e polpa das uvas da cultivar Merlot houve interação significativa ($p>0,05$) entre os ciclos de produção e os sistemas de condução, nos extratos de película e polpa analisados por UPLC/MS (Tabela 15).

Tabela 15 - Teor de fenólicos totais em extratos de película e polpa das uvas analisado por UPLC/MS, da cv. Merlot, em diferentes sistemas de condução e em dois ciclos de produção (2021/22 e 2022/23), na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves, RS.

Sist. de condução	Total fenólicos	
	2021/22	2022/23
	mg kg ⁻¹	
Espaladeira	462,32 Bab	586,45 Ab
Lira 20°	512,11 Ba	711,36 Aa
Lira 30°	431,39 Bb	566,88 Ab
Lira 40°	480,24 Aab	533,99 Ab
CV 1 (%)	15,46	
CV 2 (%)	10,82	

Letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, indicam diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados são expressos em mg kg⁻¹ de uvas frescas.

Em uvas produzidas em videiras conduzidas em lira 20°, se observou o maior teor, 512,11 mg kg⁻¹ no ciclo de produção 2021/22, e 711,36 mg kg⁻¹ no ciclo de produção 2022/23 (Tabela 13). Os menores teores foram observados nos extratos de película e polpa nas uvas em sistema de condução em lira 30°, 431,39 mg kg⁻¹, no ciclo de produção de 2021/22. Já no ciclo de 2022/23, os menores valores foram observados em uvas produzidas em videiras conduzidas em espaladeira e em lira 40° e 30°. Entre os ciclos de produção, maiores valores de fenólicos totais foram

observados em uvas produzidas em videiras conduzidas no ciclo de produção 2022/23, para os sistemas de condução em espaldeira e em liras 20° e 30°.

Nas uvas produzidas em videiras conduzidas em liras 30° e 40° houve diminuição no teor de respectivamente, 5% e 4%, enquanto a lira 20° apresentou aumento de 16% no teor total de compostos fenólicos analisados.

Apesar do maior sombreamento em lira, do dossel vegetativo sobre os frutos, houve a manutenção da qualidade enológica da uva, apresentando aumento no teor de compostos fenólicos. Este fato pode ser explicado devido ao benefício, que o sombreamento causou no microclima da região do cacho, favorecendo a maturação fenólica da uva (Ferrer-Gallego *et al.*, 2024). A arquitetura do sistema de condução em lira, mantém os cachos fora da área vegetativa, favorecendo a manutenção da qualidade da uva e a taxa fotossintética das videiras, assim como observado em estudo de González-Neves e Ferrer. (2008), onde foi comparado o sistema em lira com a espaldeira com a cultivar Merlot.

Evidencia-se o efeito “safra” na composição fenólica na maturação da uva neste estudo, que é influenciada pelas condições climáticas (González-Neves; Ferrer., 2008; Liu *et al.*, 2018). O ciclo produtivo 2021/22 foi mais quente e seco, enquanto o ciclo 2022/23 foi mais ameno e com maior pluviosidade.

A variação no teor dos compostos fenólicos nos ciclos produtivos neste estudo, pode ser também atribuída a oxidação durante a maturação (Minnaar; Van der Rijst; Hunter, 2022). Os compostos fenólicos são importantes na qualidade do vinho, contribuindo com a estabilidade e nas características sensoriais, como adstringência e cor, além de desempenharem papéis importantes na saúde humana, como prevenção de doenças cardiovasculares e cancerígenas (Hornedo-Ortega *et al.*, 2020; Domingues Neto *et al.*, 2024a).

Os resultados dos teores dos compostos fenólicos analisados com o descrito por Benbouguerra *et al.*, 2021, onde de maneira geral, a película das uvas tintas apresenta altas concentrações de flavanóis e procianidinas no estágio anterior ao pintor. Já durante as fases de pintor e avanço da maturação, as antocianinas tornam-se os compostos predominantes.

O perfil dos compostos fenólicos nas uvas permite a modificação da fermentação em contato com a película, como por exemplo tempo de maceração e frequência de remontagens, influenciando no estilo de vinho produzido (González-Neves *et al.* 2004).

Portanto, os tratamentos com lira modulável a 30° e 40° se mostraram muito interessantes, em relação à espaldeira, pois ocorreu uma manutenção da qualidade e potencial enológico das uvas na colheita, além do aumento da produtividade e rendimento por hectare. Desta forma, pode-se pensar em reduzir a área de plantio em cerca de 50%, com o uso da lira modulável, ocorrendo economia em termos de mudas, área ocupada e redução dos custos operacionais, caminhando em direção de uma vitivinicultura mais sustentável.

A questão da produtividade limitada em vinhedos é essencial para a rentabilidade dos empreendimentos vitivinícolas, em qualquer lugar do Brasil e do mundo. O sistema em lira modulável possibilitou a obtenção de maior quantidade de uvas para a variedade Merlot na Serra Gaúcha, podendo ser uma alternativa para o setor, em outras regiões do Rio Grande do Sul, mas também do Brasil.

Por isso, sugere-se a realização de novos estudos científicos, que possibilitem avaliar a influência do sistema de condução em lira modulável, em relação ao sistema mais utilizado para vinhos de alto valor agregado (espaldeira), em outras regiões do País, bem como avaliar diferentes variedades, entre brancas e tintas. Novos estudos poderão ser realizados também, avaliando-se o impacto dos sistemas de condução sobre o perfil aromático dos vinhos, sobre os compostos que participam do perfil volátil de vinhos, com diferentes variedades, entre brancas e tintas, em diferentes regiões do Brasil.

Outro fator importante também a ser estudando, é o tipo de poda a ser utilizado, por exemplo entre o sistema Royat, de cordão esporonado (uni ou bilateral), com o sistema Guyot, entre simples e duplo, avaliando-se as questões agrônômicas, produtividade, bem como as questões enológicas, quanto à composição físico-química e metabólica das uvas e dos vinhos, além da questão sensorial dos vinhos.

5 CONCLUSÃO

Os sistemas de condução em lira modulável com ângulos de 30° e 40° proporcionaram produtividades superiores a 50% em relação aos valores obtidos no sistema de condução em espaldeira, apresentando área foliar superior a 40%, com similar eficiência fisiológica das videiras.

As concentrações dos componentes físico-químicos das uvas produzidas em lira modulável foram semelhantes aos valores encontrados no sistema espaldeira, quanto aos sólidos solúveis e acidez titulável, demonstrando que o sistema em lira modulável proporciona um bom equilíbrio entre área foliar (parte vegetativa) e produção.

Os sistemas de condução influenciaram significativamente os teores de compostos fenólicos nas uvas da cultivar Merlot. A lira 20° apresentou os maiores teores totais de compostos fenólicos nos dois ciclos avaliados, com aumentos de até 17% em relação à espaldeira. Nos teores de flavonóis, flavanonóis e estilbenos, destacam-se a lira 30° e lira 40°, cujos teores superaram em até 41% os observados na espaldeira. Para os flavanóis, a interação também foi significativa, com aumentos de 1% e 17% nas liras 20° e 30°, respectivamente, em comparação à espaldeira.

Apesar do maior sombreamento gerado pelo dossel da lira modulável na região dos frutos, a qualidade e potencial enológico das uvas foram mantidos, com aumento nos teores de compostos fenólicos, possivelmente devido às condições microclimáticas favoráveis promovidas pela arquitetura do sistema, que posiciona os cachos fora da área vegetativa.

O sistema de condução em lira modulável poderá ser recomendado com uma alternativa aos produtores, no intuito de aumentar a produtividade dos vinhedos, para produção de vinhos de diversos estilos da cultivar Merlot na região da Serra Gaúcha, com chances de sucesso em outros polos vitícolas no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. R. de.; SCHUCK, E.; DAL BÓ, M. A. D. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.28, n. 11, p. 1287-1290, nov. 1993. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/105489> Acesso em: 20 fev. 2025.
- AFIFI, M. *et al.* Vineyard light manipulation and silicon enhance ethylene-induced anthocyanin accumulation in red table grapes. **Frontiers in Plant Science**, Beijing, v. 14, jan. 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1060377> Acesso em: 24 nov. 2024.
- ALLEBRANDT, R. *et al.* Agronomic performance and wine phenolic composition of 'Merlot' grown in altitude region with different rootstocks. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, Oeiras, v. 39, n. 1, p. 19-29, mar. 2024. Disponível em: <https://www.ctv-jve-journal.org/articles/ctv/abs/2024/01/ctv20243901p19/ctv20243901p19.html> Acesso em: 20 set. 2024.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. **Official Methods of Analysis of the Association of the Agricultural Chemists**. 18th ed. 2002.
- ASSEFA, M. K. *et al.* Changes in total soluble solids concentration, fruit acidity, and yeast assimilable nitrogen in response to altered leaf area to fruit weight ratio in Pinot noir. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. 58, n. 4, nov. 2024. Disponível em: <https://oeno-one.eu/article/view/8225> Acesso em: 09 jan. 2025.
- BENBOUGUERRA, N. *et al.* Polyphenolic Characterization of Merlot, Tannat and Syrah Skin Extracts at Different Degrees of Maturity and Anti-Inflammatory Potential in RAW. **Cells Foods**, Basel, v. 10, n. 3, mar. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/3/541> Acesso em: 18 mar. 2024.
- BLANCQUAERT, E, H. *et al.* Grape Flavonoid Evolution and Composition Under Altered Light and Temperature Conditions in Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.). **Frontiers in Plant Science**, Beijing, v. 10, nov. 2019. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2019.01062/full> Acesso em: 21 jan. 2025.
- BORGHEZAN, M. *et al.* Modelos matemáticos para a estimativa da área foliar de variedades de videira à campo (*Vitis vinifera* L.). **Ciência e Técnica Vitivinícola**, Oeiras, v. 25, n. 1, p. 1-7. dez. 2010. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3290124> Acesso em: 10 mai. 2024.
- BOULEBD, H. *et al.* Insights on the kinetics and mechanisms of the peroxy radical scavenging capacity of Caftaric acid: the important role of the acid-base equilibrium. **New Journal of Chemistry**, Cambridge v. 46, n.2, jan. 2022. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/nj/d2nj00377e#fn1> Acesso em: 3 jan. 2025.
- CABRAL, I. L. *et al.* Canopy management through crop forcing impacts grapevine cv. 'Touriga Nacional' performance, ripening and berry metabolomics profile. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. 57, n. 1, p. 55–69, jan. 2023. Disponível em: <https://oeno-one.eu/article/view/7122#> Acesso em: 21 jan. 2025.

CALLILI, D. *et al.* Phenology, thermal demand, and maturation development of the 'BRS Vitória' grape cultivated on different rootstocks in subtropical conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n. 45. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/KX6SjyWktjGnwxx67cMgRpC/?lang=en> Acesso em: 19 jun. 2024.

CÂMARA, F. M. de M. *et al.* Manejo de vinhedos para elaboração de vinhos de inverno. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 41, n. 312, p. 14 – 27, 2020.

CANEDO-REIS, N. A. P. *et al.* Fast quantitative determination of phenolic compounds in grape juice by UPLC-MS: method validation and characterization of juices produced with different grape varieties. **Journal of Food Measurement and Characterization**, Berlin, v. 35, n. 2, p. 63-75, oct. 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-020-00706-8> Acesso em: 16 jul. 2023.

CARBONNEAU *et al.* 2015. **Traite de la vigne: physiologie, terroir, culture**. 2 ed, Paris, Dunod, 2015

CARBONNEAU, A.; DELOIRE, A.; JAILLARD, B. **Viticulture. La vigne: Physiologie, terroir. culture**. 2 ed, Dunod: Paris, 2007.

CARBONNEAU, A. *et al.* The foldable lyre: Ecophysiological interest for management of light absorption and water; technological interest for mechanical harvesting. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, Villenave d'Ornon, v. 38, v. 1, p. 89-95, mar. 2004. Disponível em: <https://oeno-one.eu/article/view/931> Acesso em: 26 mai. 2023.

CASASSA L. F. Flavonoid Phenolics in Red Winemaking. In book: Phenolic Compounds - Natural Sources, Importance and Applications. **IntechOpen**, London march 2017. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/54109> Acesso em: 11 jan. 2025.

CHEDEA, V. S. *et al.* Antioxidant/Pro-Oxidant Actions of Polyphenols From Grapevine and Wine By-Products-Base for Complementary Therapy in Ischemic Heart Diseases. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, Beijing, v, 3, n, 8, nov. 2021 Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34805304/> Acesso em: 5 jan. 2025.

CLINGELEFFER, P. *et al.* The significance of scion x rootstock interactions. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. 53. n. 2, may. 2019. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/2438> Acesso em: 16 abr. 2024.

COLODEL, C. *et al.* Optimization of acid-extraction of pectic fraction from grape (*Vitis vinifera* cv. Chardonnay) pomace, a Winery Waste. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdã, v. 161, p. 204-213, oct. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813020334735> Acesso em: 27 mai. 2024.

CREASY, G. L.; CREASY, L.L. Grapes. in: **Crop production science in horticulture**. 1 ed. London, UK: CABI, 2009.

DECENDIT, A. *et al.* Malvidin-3-O- β glucoside, major grape anthocyanin, inhibits human macrophage-derived inflammatory mediators and decreases clinical scores in arthritic rats. **Biochemical Pharmacology**, Amsterdam, v. 86, n. 10, p. 1461–1467, nov. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000629521300381X?via%3Dihub> Acesso em: 18 jan. 2025.

DEL ZOZZO, F.; PONI, S. Climate Change Affects Choice and Management of Training Systems in the Grapevine. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Glen Osmond, v. 2024, p. 1-18, jan. 2024. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2024/7834357> Acesso em: 06 set. 2024.

DELIĆ, K. *et al.* Grape, wine and pomace anthocyanins: winemaking biochemical transformations, application and potential benefits. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v.54, n.4, nov. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.20870/OENO-one.2024.58.4.8039> Acesso em: 7 jan. 2025

DOBREI, A. *et al.* Research concerning the crop relation between crop load, leaf area and grape yield in few grapevine varieties. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, Amsterdã, v. 100, p. 222-232, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210784316302492> Acesso em: 01 jul. 2024.

DOMINGUES NETO, F. J. *et al.* Polyphenolic Profile and Antioxidant Activity of Whole Grape Juices from *Vitis labrusca* and Brazilian Hybrid Grapes in Two Training Systems. **Antioxidants**, Basel, v.13, n. 9. 2024a. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/13/9/1132> Acesso em: 16 nov. 2024.

DOMINGUES NETO, F.J. *et al.* Photosynthesis, Biochemical and Yield Performance of Grapevine Hybrids in Two Rootstock and Trellis Height. **Horticulturae**, Basel, v. 9, n. 596, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9050596> Acesso em: 7 jan. 2025

DOMINGUES NETO, F.J. *et al.* Yield Performance and Quality Assessment of Brazilian Hybrid Grapes Influenced by Rootstocks and Training Systems. **Horticulturae**, Basel, v. 10, n. 9, aug. 2024b. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/10/9/909> Acesso em: 17 nov. 2024.

DÖRING, J. *et al.* The impact of sustainable management regimes on amino acid profiles in grape juice, grape skin flavonoids and hydroxycinnamic acids. **OENO One**, Bordeaux, v. 56, n. 2, p. 319–333, jul. 2022. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/5437> Acesso em: 11 jan. 2025.

EPEE, P. T. M. *et al.* Effects of retained node numbers on berry maturity and yield components of cane-pruned Sauvignon blanc. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. 58, n. 3, jul. 2024. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/7930> Acesso em: 09 set. 2024.

FALCADE, I.; MANDELLI, F. Vale dos Vinhedos: caracterização geográfica da região. Caxias do Sul: **EDUCS**, p.87-134, 1999. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/538724/1/valedosvinhedos.pdf> Acesso em: 05 mai. 2023.

FAVERO, A. C. *et al.* Resposta fisiológica e produção do vinhedo de 'Syrah' em função dos sistemas de condução. *Scientia agrícola*, Piracicaba, v. 67, n. 3, jun. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/vrfY7fxszRwZNGVvkGYKnbnXn/?lang=en> Acesso em: 7 jan. 2025.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, dec. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh/?lang=en> Acesso em: 18 set. 2024.

FERRER, M. *et al.* Yield components, vegetative expression and physiologic indicators on *Vitis vinifera* L. cv Merlot depending on plant architecture. **Agrociencia Uruguay**, Montevideo, v. 12, n. 1, p. 6-19, jan. 2008. Disponível em: <https://agrocienciauruguay.uy/index.php/agrociencia/article/view/740> Acesso em: 12 jan. 2025.

FERRER-GALLEGO, R. *et al.* Effects of grapevine canopy leaning on grape composition and wine quality of 'Bobal'. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. 58 n. 3, sept. 2024. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/8014> Acesso em: 11 out. 2024.

FIORAVANÇO, J. C. Evolução da participação dos cultivares lançados pela Embrapa na viticultura do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, v. 10, n. 10, p. 3, 2018.

FLORES, C. A. *et al.* **Os solos do Vale dos Vinhedos**. Brasília, DF: Embrapa, p.176, 2012.

FRATANTONIO, D. *et al.* Cyanidin-3-O-glucoside ameliorates palmitate-induced insulin resistance by modulating IRS-1 phosphorylation and release of endothelial derived vasoactive factors. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids**, Amsterdam, v. 1862, n. 3, p. 351–357, mar. 2017 Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1388198116303456?via%3Dihub> Acesso em: 18 jan. 2025.

FRIEDEL, M. *et al.* Impact of light exposure on fruit composition of white `Riesling` grape berries (*Vitis vinifera* L.). **VITIS -Journal of Grapevine Research**, Siebeldingen, v. 54, n. 3, p. 107-116, oct. 2015. Disponível em: <https://ojs.openagrar.de/index.php/VITIS/article/view/5293> Acesso em: 11 jan. 2025.

GARCIA-TEJERA, O. *et al.* Viticulture adaptation to global warming: Modelling gas exchange, water status and leaf temperature to probe for practices manipulating water supply, canopy reflectance and radiation load. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdã, v. 331, mar. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016819232300045X> Acesso em: 17 nov. 2024.

GIOVANNINI, E. **Manual de viticultura.**, 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

GONZÁLEZ-NEVES, G. *et al.* Phenolic potential of Tannat, Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes and their correspondence with wine composition. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdã, v. 513, n. 1, p. 191-196, jun. 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003267003015113> Acesso em: 19 jan. 2024.

GONZÁLEZ-NEVES, G.; FERRER, M. Effects of training system and cluster thinning on the composition of Merlot grapes. **Agrociencia Uruguay**, Montevideo, v. 12, n. 2, p. 10-8, dec. 2008. Disponível em: <https://agrocienciauruguay.uy/index.php/agrociencia/article/view/730> Acesso em: 12 jan. 2025.

GUERRA, C, C. Polifenóis da uva e do vinho. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, n. 4, p. 90-100, 2012.

HAMON, B. *et al.* Identification of the best viticultural areas by spatial optimisation. Application in New Zealand South Island in the context of climate change. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. 58, n. 3, sept. 2024. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/8031> Acesso em: 10 mar. 2024.

HAN, S-A. *et al.* Transcriptome and metabolome reveal the effects of three canopy types on the flavonoids and phenolic acids in 'Merlot' (*Vitis vinifera* L.) berry pericarp. **Food Research International**, Amsterdã, v. 163, jan. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996922012546> Acesso em: 16 jun. 2024.

HASELGROVE, L. *et al.* Canopy microclimate and berry composition: The effect of bunch exposure on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L cv. Shiraz grape berries. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Sydney, v. 6, n. 2, p. 72-188, jul. 2000. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00173.x> Acesso em: 11 jan. 2025

HENDRICKSON, L. *et al.* Low temperature effects on photosynthesis and growth of grapevine. **Plant Cell and Environment**, London. v. 27, n. 7, p. 795-805, apr. 2004. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-3040.2004.01184.x> Acesso em: 21 jan. 2025.

HENDRICKSON, L.; CHOW, W. S. FURBANK, R. T. Low temperature effects on grapevine photosynthesis: the role of inorganic phosphate. **Functional Plant Biology**, Sidney v. 31, n. 8, p. 789–801, oct. 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/248887931_Low_temperature_effects_on_grapevine_photosynthesis_The_role_of_inorganic_phosphate Acesso em: 21 jan. 2025.

HERNANDES, J. L.; PEDRO JUNIOR, M. J. Sistema de condução em manjedoura na forma de “Y” e cultivo protegido para a videira. Instituto Agrônômico, Série Tecnologia APTA. **Boletim Técnico IAC**, São Paulo, n. 211. p. 1-42, 2011. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/media/publicacoes/iacbt211.pdf> Acesso em: 13 mai. 2024.

HORNEDO-ORTEGA, R. *et al.* Phenolic Compounds of Grapes and Wines: Key Compounds and Implications in Sensory Perception. In book: Winemaking -

Stabilization, Aging Chemistry and Biochemistry, **IntechOpen**, London, jun. 2020. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/72677> Acesso em: 25 jun. 2024.

HUSSAIN SHAH, M. *et al.* Effect of Climate Change on Polyphenols Accumulation in Grapevine. **IntechOpen**, London, p. 1-21, feb. 2022. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/79109> Acesso em: 24 nov. 2024.

IACOPINI, P. *et al.* Catechin, epicatechin, quercetin, rutin and resveratrol in red grape: Content, in vitro antioxidant activity and interactions. **Journal of Food Composition and Analysis**, Amsterdam, v. 21, n. 8, p. 589–598, dec. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157508000653> Acesso em: 18 jan. 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agropecuária: Produção de Uva** – RS. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/uva/rs> Acesso em: 29 out. 2024.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática A840**, Brasília, DF, Brasil. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A840> Acesso em: 26 out. 2024.

JAIN, S. VAIDYA, A. Comprehensive review on pharmacological effects and mechanism of actions of taxifolin: A bioactive flavonoid, **Pharmacological Research-Modern Chinese Medicine**, Beijing, v. 7, mar. 2023, Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266714252300026X> Acesso em: 11 jan. 2025

JUNGES, A. H. *et al.* Boletim Agrometeorológico da Serra Gaúcha - Edição Abril 2023: condições meteorológicas de janeiro a março de 2023, prognóstico climático para abril-maio-junho e recomendações fitotécnicas para vinhedos. **Boletim Agrometeorológico da Serra Gaúcha. Abril 2023**, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, abr. 2023. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1153832/1/BolAgromet-abr23.pdf> Acesso em: 21 nov. 2024.

JUNGES, A. H.; ANZANELLO, R. Non-destructive simple model to estimate the leaf area through midvein in cultivars of *Vitis vinifera*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 43, n. 5, jun. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/nTMRRHZCLN78jQGzBMfXxGy/?format=pdf&lang=en> Acesso em: 16 mai. 2024.

JUNGES, A. H.; *et al.* Boletim Agrometeorológico da Serra Gaúcha - Edição Abril 2022: condições meteorológicas de janeiro a março de 2022, prognóstico climático para abril-maio-junho e recomendações fitotécnicas para vinhedos. **Boletim Agrometeorológico da Serra Gaúcha. Abril 2022**, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, abr. 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1142407/1/BolAgromet-Abril2022.pdf> Acesso em: 22 jun. 2024.

- JUNGES, A. H.; TONIETTO, J. Caracterização climática da precipitação pluvial e temperatura do ar em Bento Gonçalves e Veranópolis, Serra Gaúcha, Brasil. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 30, nov. 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1150028/1/Junges-Agrometeoro-2022.pdf> Acesso em: 26 mai. 2024.
- KARAOĞLAN, S. N. Y. *et al.* Effect of terroir on the phenolic compounds of Muscat of Bornova Wines from 3 different sub-regions of Aegean, Turkey. **BIO Web of Conferences**, Les Ulis, v. 5, jul 2015. Disponível em: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/abs/2015/02/bioconf_oiv2015_02017/bioconf_oiv2015_02017.html Acesso em: 7 jan. 2025.
- KLIEWER M. K.; DOOKOOZLIAN N. K. Leaf Area/Crop Weight Ratios of Grapevines: Influence on Fruit Composition and Wine Quality. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 56, n. 2, p. 170–181, 2005. Disponível em: <https://site.extension.uga.edu/viticulture/files/2017/07/Kliewer-and-Dokoozlian-2005.pdf> Acesso em: 10 ago. 2024.
- KORIEN, K. M. M. Caftaric acid: an overview on its structure, daily consumption, bioavailability and pharmacological effects. **Biointerface Research in Applied Chemistry**, Bucharest, v. 10, n. 3, p. 5616–5623, mar. 2020. Disponível em: <https://biointerfaceresearch.com/wpcontent/uploads/2020/03/20695837103616623.pdf> Acesso em: 3 jan. 2025.
- KYRALEOU, M. *et al.* Effect of vine training system on the phenolic composition of red grapes (*Vitis vinifera* L. cv. Xinomavro). **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. 49, n. 1, p. 71–84, mar. 2015. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/92> Acesso em: 12 mai. 2024.
- LEÃO, P. C. de S.; CHAVES, A. R. de M. Sistemas de condução e suas influências na produtividade e desempenho agrônomo de videiras Syrah e Chenin Blanc no Vale do São Francisco. Petrolina, **Circular técnica Embrapa Semiárido**, 2020. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1128670> Acesso em: 14 mar. 2024.
- LEÃO, P. C. de S.; LIMA, M. A. de. Effect of shoot and bunch density on yield and quality of 'sugraone' and 'thompson seedless' table grapes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 4, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/DtpXF6xdVh7x5ShGmF46RMr/> Acesso em: 16 out. 2024.
- LEÃO, P. C. S. de; SILVA, E. E. G. Caracterização fenológica e requerimento térmico de variedades de uvas sem semente no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 379-382, dez. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/W4Cbb5qJZxgfnRx6tDVHLcb/> Acesso em: 1 jan. 2024.
- LIU, T. *et al.* Cyanidin-3-glucoside protects the photooxidative damage of retinal pigment epithelium cells by regulating sphingolipid signaling and inhibiting MAPK pathway. **Food Science and Human Wellness**, Beijing, v. 13, n. 2, p. 621-632, mar. 2024. Disponível em:

<https://www.sciopen.com/article/10.26599/FSHW.2022.9250053> Acesso em: 18 jan. 2025.

LIU, Y. *et al.* An insight into novel therapeutic potentials of taxifolin. **Frontiers in Pharmacology**, Beijing, v. 14, may 2023 Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2023.1173855> Acesso em: 11 jan. 2025

LIU, Y. *et al.* Effect of training systems on accumulation of flavan-3-ols in cabernet sauvignon grape seeds at the north foot of Mt. Tianshan. **South African Journal of Enology and Viticulture**, Stellenbosch, v. 39, n. 1, may 2018. Disponível em: <https://www.journals.ac.za/sajev/article/view/1579> Acesso em: 21 jan. 2025.

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**, Washington, v. 126, n. 4, p. 1991-1999, jun. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610016833> Acesso em: 11 jan. 2025.

LU, H.-C., *et al.* Effects of sunlight exclusion on leaf gas exchange, berry composition, and wine flavour profile of Cabernet-Sauvignon from the foot of the north side of Mount Tianshan and a semi-arid continental climate. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. 55, v.2, p. 267–283, may 2021. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/4545> Acesso em: 10 jan. 2025

MACKERT, J. D.; MCINTOSH, M. K. Combination of the anthocyanidins malvidin and peonidin attenuates lipopolysaccharide-mediated inflammatory gene expression in primary human adipocytes. **Nutrition Research**, Amsterdam, v.36, n. 12, p. 1353–1360, dec. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0271531716303529?via%3Dihub> Acesso em: 18 jan. 2025.

MALINOVSKI, L. I. *et al.* Leaf area and leaves gas exchange of 'Sangiovese' grapevine produced in high altitude regions of Santa Catarina State, Brazil. **Acta Horticulturae**, Belgium, apr. 2017. Disponível em: https://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarrnr=1157_34 Acesso em: 7 jan. 2025

MALOHLAVA, I. T. C. *et al.* Ecophysiology of 'CabernetSauvignon' and 'Merlot' grown at different altitudes in Santa Catarina State, Brazil. **Acta Horticulturae**, Belgium, v. 1188, p. 197-204, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322001252_Ecophysiology_of_%27Cabernet_Sauvignon%27_and_%27Merlot%27_grown_at_different_altitudes_in_Santa_Catarina_State_Brazil Acesso em: 22 mai. 2024.

MARCON FILHO, A. F. *et al.* Bud Load and Its Influence on Agronomic Performance and Wine Aromatic Composition of 'Fiano' Grapevines in Southern Brazil. **South African Journal of Enology and Viticulture**, Stellenbosch, v. 45, n. 2, oct. 2024. Disponível em: <https://www.journals.ac.za/sajev/article/view/6515/4060> Acesso em: 15 abr. 2024.

MARTIN, C. *et al.* How Can Research on Plants Contribute to Promoting Human Health?. **The Plant Cell**, California, v. 23, n. 5, p. 1685–1699, may 2011. Disponível em:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3123949/#:~:text=Research%20on%20plants%20can%20lead,promoting%20effects%20of%20these%20metabolites>. Acesso em: 1 jan. 2024.

MARTÍN, J. *et al.* Anthocyanin Pigments: Importance, Sample Preparation and Extraction. In book: Phenolic Compounds - Natural Sources, Importance and Applications. **IntechOpen**, London; mar. 2017. Disponível em:
<https://www.intechopen.com/chapters/53528> Acesso em: 11 jan. 2025

MATTIVI, F. *et al.* Metabolite Profiling of Grape: Flavonols and Anthocyanins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n.20, p. 7692-7702, oct. 2006. Disponível em:
https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/jf061538c?ref=article_openPDF Acesso em: 1 jan. 2025.

MATTOS ROCHA, R. K. *et al.* Yeast diversity in Cabernet-Sauvignon and Merlot grapes grown in the highlands of Southern Brazil. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. 56, n. 2, p. 101–110, may 2022. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/4660> Acesso em: 05 mai. 2024.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. A viticultura na delimitação da denominação de origem vale dos vinhedos: cadastro vitícola georreferenciado. In: Loiva Maria Ribeiro de Mello; Carlos Alberto Ely Machado. (Org.). **Cadastro Vitícola Georreferenciado da Denominação de Origem Vale dos Vinhedos**. 1ed. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2015. 1 CD-ROM. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1035881/1/textodadoscadastraisVV1final.pdf> Acesso em: 28 jan. 2025.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. **Cadastro vitícola do Rio Grande do Sul: 2013 a 2015**. Brasília-DF: Embrapa, p. 85, 2017. Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1084011> Acesso em: 16 jan. 2024.

MELLO, L., M., R., de.; MACHADO, C., A., E. Viticultura brasileira: panorama 2020. **Comunicado Técnico Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves. n. 223, p. 1-8, out. 2021. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/227610/1/ComTec-223-21.pdf> Acesso em: 29 fev. 2024.

MELO, G. W. B. de.; ZALAMENA, J. Retrato da fertilidade de solos cultivados com videira nas regiões da serra e campanha gaúcha. Bento Gonçalves, RS, **Comunicado técnico Embrapa Uva e Vinho**, 2016. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1046427> Acesso em: 16 fev. 2024.

MIELE A. Wine composition of Merlot and Cabernet Sauvignon vine clones under the environmental conditions of Serra Gaúcha, Brazil. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 41, n. 116, p. 116-122, jun. 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cta/a/LW88NzQTn4Qrr9QBFTbLyDQ/> Acesso em: 08 out. 2024.

MINNAAR, P., VAN DER RIJST, M.; HUNTER, J. Grapevine row orientation, vintage and grape ripeness effect on anthocyanins, flavan-3-ols, flavonols and phenolic acids: I. *Vitis vinifera* L. cv. Syrah grapes. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. 56, n.1, p.275–293, mar. 2022. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/4857> Acesso em: 7 jan. 2025.

MONAGAS, M. *et al.* **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 22, p. 6475-6481, sept. 2003. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/jf030325%2B?ref=article_openPDF Acesso em: 11 jan. 2025.

MOTA, C. S. *et al.* Disponibilidade hídrica, radiação solar e fotossíntese em videiras 'Cabernet Sauvignon' sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 432–439, jun. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/CTKMK84FLg8HCZgybVgmWmv/> Acesso em: 7 jan. 2025

MOTA, R. V. da.; *et al.* Fatores que afetam a maturação e a qualidade da uva para vinificação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 56–64, 2020.

NETO, W. V. D. C. *et al.* First steps in the grape mechanization process in Brazil: quantitative features. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, Beijing, v. 19, n. 2, p. 110–119, ago. 2017. Disponível em: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/4015> Acesso em: 16 mar. 2024.

NEWAIR, E. F. *et al.* Caftaric acid oxidation in the presence of cell signaling regulator glutathione: Electrochemical and chromatographic analyses. **Microchemical Journal**, Netherlands, v. 193, oct. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026265X23006641> Acesso em: 1 jan. 2024.

NUNES, N. A. S.; LEITE, A. V.; CASTRO, C. C. Phenology, reproductive biology and growing degree days of the grapevine 'Isabel' (*Vitis labrusca*, Vitaceae) cultivated in northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 76, n. 4, p. 975-982, dec. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/nmqTpK9c5fgPQCL538wjtDG/?lang=en> Acesso em: 7 jan. 2025.

OIV- International Organization of Vine e Wine. **Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector in 2022**. OIV, Dijon, 2022. Disponível em: https://www.oiv.int/sites/default/files/documents/OIV_Annual_Assessment-2023.pdf Acesso em: 18 jun. 2024.

OIV- International Organization of Vine e Wine. **Compendium of international methods of wine and must analysis**. OIV, Dijon, 2 ed, v. 2, 2021.

OIV- International Organization of Vine e Wine. **Distribution of the world's grapevine varieties, Focus OIV 2017**. OIV, Paris, 2017. Disponível em: <https://www.oiv.int/public/medias/5888/en-distribution-of-the-worlds-grapevine-varieties.pdf> Acesso em: 18 mai. 2024.

OLIVEIRA FOGAÇA de, A.; DAUDT, C. E. Copigmentation and color of Brazilian Merlot wines. Influence of skin contact time. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. 46, n. 1, p. 51–56, mar. 2012. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/1506> Acesso em: 20 mai. 2024.

OLIVEIRA, J. B. de. *et al.* Climate effects on physicochemical composition of Syrah grapes at low and high altitude sites from tropical grown regions of Brazil. **Food Research International**, Amsterdã, v. 121, p. 870–879, jul. 2019 Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1118402/1/1s2.0S0963996919300110main.pdf> Acesso em: 20 mai. 2024.

PADILLA-GONZÁLEZ, G. F. *et al.* Chemical Diversity of Flavan-3-Ols in Grape Seeds: Modulating Factors and Quality Requirements. **Plants**, Basel, v. 11, n. 6, mar. 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/6/809> Acesso em: 21 jan. 2025.

PARKER, A. K. *et al.* R.W. Manipulating the leaf area to fruit mass ratio alters the synchrony of total soluble solids accumulation and titratable acidity of grape berries. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Glen Osmond, v. 21, n. 2, p. 266-276, may 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ajgw.12132> Acesso em: 18 jan. 2025.

PEDRO JÚNIOR, M. J. *et al.* Determinação da temperatura-base, graus-dia e índice biometeorológico para a videira 'Niagara Rosada'. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, p. 51-56, dez. 1994. Disponível em: [http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_1994/1994_RBAGro_2\(1\)_51-56_TbGDUva.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_1994/1994_RBAGro_2(1)_51-56_TbGDUva.pdf) Acesso em: 28 dez. 2024.

PEREIRA, G. E. *et al.* HNMR and chemometrics to characterize mature grape berries in four wine-growing areas in Bordeaux-France. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 16, p. 6382-6389. 2005. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf058058q> Acesso em: 25 out. 2024.

PEREIRA, G. E. *et al.* Panorama da produção e mercado nacional de vinhos espumantes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 41, n. 310, p. 56-64, 2020a.

PEREIRA, G. E. *et al.* Trunk Girdling Increased Stomatal Conductance in Cabernet Sauvignon Grapevines, Reduced Glutamine, and Increased Malvidin-3-Glucoside and Quercetin-3-Glucoside Concentrations in Skins and Pulp at Harvest. **Frontiers in Plant Science**, Beijing, v. 11, jun. 2020c. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plantscience/articles/10.3389/fpls.2020.00707/full> Acesso em: 16 abr. 2024.

PEREIRA, G. E. *et al.* Vinhos no Brasil: contrastes na geografia e no manejo das videiras nas três viticulturas do país. Bento Gonçalves, RS, **Documentos Embrapa Uva e Vinho**, dez. 2020b. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/219851/1/Doc121-21.pdf> Acesso em: 19 jan. 2024.

PROTAS, J. F. da S.; CAMARGO, U. A.; MELLO, L. M. R. de. Vitivinicultura brasileira: regiões tradicionais e polos emergentes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 7-15, 2006.

PROTAS, J. F. da S.; LAZZAROTTO, J. J.; MACHADO, C. A. E. Panorama da vitivinicultura brasileira em 2022. **Comunicado Técnico Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 233, 2024. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1167634/1/ComTec-233-2024.pdf> Acesso em: 23 nov. 2024.

REGINA, M.A.; *et al.* Cálculo da área folia em videira por método não destrutivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 310-313, oct. 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/370818774_CALCULO_DA_AREA_FOLIA_R_EM_VIDEIRA_POR_METODO_NAO_DESTRUTIVO_CALCULATION_OF_THE_LEAF_AREA_ON_GRAPEVINE_THROUGH_NON-DESTRUCTIVE_METHOD Acesso em: 13 oct. 2024.

REYNOLDS, A. G.; VANDEN HEUVEL, J. E. Influence of Grapevine Training Systems on Vine Growth and Fruit Composition: A Review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Washington, v. 60, p. 251–268, 2009. Disponível em: <https://www.ajevonline.org/content/60/3/251> Acesso em: 11 jan. 2025.

RIBALTA-PIZARRO, C.; MUÑOZ, P.; MUNNÉ-BOSCH, S. The Wine Quality of Merlot Relies in Irrigation Supplementation and Spotlights Sustainable Production Constraints in Mediterranean-Type Ecosystems. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Glen Osmond, aug. 2024. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2024/5001343#> Acesso em: 18 jan. 2025.

RIBEREAU-GAYON, P. *et al.* **The chemistry of wine stabilisation and treatment**. New York: John Wiley & Sons, Handbook of Enology. 2nd ed., 2006.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Merlot para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 156-161, dez. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/584mQxgtKymtxrRYP53J6pB/> Acesso em: 26 mai. 2024.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Características analíticas de vinhos Merlot da Serra Gaúcha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 13-16, set. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/58xwY5QCchzgWH9qTzYYZMR/> Acesso em: 07 abr. 2024.

RODRÍGUEZ MONTEALEGRE, R. *et al.* Phenolic compounds in skins and seeds of ten grape *Vitis vinifera* varieties grown in a warm climate. **Journal of Food Composition and Analysis**, Netherlands, v. 19, n. 6–7, p. 687-693, nov. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157505000797> Acesso em: 2 jan. 2025.

ROUXINOL, M. I. *et al.* Wine Grapes Ripening: A Review on Climate Effect and Analytical Approach to Increase Wine Quality. **Applied Biosciences**, Basel, v. 2, n. 3, p. 347-372, jun. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2813-0464/2/3/23> Acesso em: 20 mar. 2024.

SANTOS, H. P. dos; SOUZA, P. V. D. de.; MARODIN, G. A. B.; ZINI, C. A. Manejo fitotécnico da videira, visando aprimorar produção e qualidade enológica da uva na Campanha Gaúcha. In: SILVEIRA, S. V. da; PROTAS, J. F. da S. (ed.). **Vinhos finos da região da Campanha gaúcha: tecnologias para a vitivinicultura e para a estruturação de Indicação Geográfica**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, dez. p. 81-116, 2021. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 130). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1142104> Acesso em: 14 abr. 2025.

SHI, N. *et al.* Modifications of *Vitis vinifera* L. cv. Petit Verdot grape flavonoids as affected by the different rootstocks in eastern China. **Technology in Horticulture**, Fayetteville, v. 3, n. 14, 2023. Disponível em: <https://www.maxapress.com/data/article/tihort/preview/pdf/TIH-2023-0014.pdf> Acesso em: 21 jan. 2025.

SHI, P. B. *et al.* Phenolic Compound Profiles in Grape Skins of Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah and Marselan Cultivated in the Shacheng Area (China). **South African Journal of Enology and Viticulture**, Stellenbosch, v. 37, n. 2, p. 132-138, may 2016. Disponível em: <https://www.scielo.org.za/pdf/sajev/v37n2/08.pdf> Acesso em: 19 ja. 2024.

SHINOZAKI, F. *et al.* Ingestion of taxifolin-rich foods affects brain activity, mental fatigue, and the whole blood transcriptome in healthy young adults: a randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study. **Food and Function**, United Kingdom, v.14, n. 8. P. 3600–3612, mar. 2023. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2023/fo/d2fo03151e> Acesso em: 11 jan. 2025

ŠIKUTEN, I. *et al.* Grapevine as a Rich Source of Polyphenolic Compounds. **Molecules**, Basel, v. 25, n. 23, nov. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/23/5604> Acesso em: 28 dez. 2024.

SILVA, M. J. R. da. *et al.* Phytochemical profile of Brazilian grapes (*Vitis labrusca* and hybrids) grown on different rootstocks. **PLoS ONE**, California, v. 17, n. 10, 2022. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0275489> Acesso em: 5 jan. 2025.

SILVA, M. J. R. da. *et al.* Phytochemical profile of Brazilian grapes (*Vitis labrusca* and hybrids) grown on different rootstocks. **PLoS ONE**, California, v. 17, n. 10, oct. 2022. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0275489> Acesso em: 16 mai. 2024.

SPAYD, S. E. *et al.* Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 53, p. 171–182, 2002. Disponível em: <https://www.ajevonline.org/content/53/3/171> Acesso em: 11 jan. 2025

SUN, R. *et al.* Study on a Stomatal Conductance Model of Grape Leaves in Extremely Arid Areas. **Sustainability**, Basel, v. 15, n.10, may 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/10/8342> Acesso em: 15 nov. 2024.

SUSIN, E.; SILVESTRE, W. P.; COCCO, C. Effect of the application of abscisic acid and ethephon on the quality of Merlot grapes grown in Serra Gaúcha, South Brazil. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 16, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/38513> Acesso em: 30 mai. 2024.

SY. B, *et al.* Resveratrol, ϵ -Viniferin, and Vitisin B from Vine: Comparison of Their In Vitro Antioxidant Activities and Study of Their Interactions. **Molecules**, Basel, v. 28, n. 22, nov. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/28/22/7521> Acesso em: 18 jan. 2025.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TECCHIO, M. A. *et al.* Fenologia e acúmulo de graus-dia da videira 'niagara rosada' cultivada ao noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. E. p. 248-254, out. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/nYXRw5DsHkT3nhTY697YGVr/> Acesso em: 7 jan. 2025.

TECCHIO, M. A. *et al.* Phenological, physicochemical, and productive characteristics of 'Vênus' grapevine onto rootstocks. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.54, mar 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/97SNQpMp3ZMzHwDP8MWbPNS/?format=pdf&lang=en> Acesso em: 18 jan. 2025.

TECCHIO, M. A. *et al.* Yield performance and quality of wine grapes (*Vitis vinifera*) grafted onto different rootstocks under subtropical conditions. **Bragantia**, Campinas, v. 81, p. 1, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/8yMKvbsqcTXXX3hcQ4hhRTq/abstract/?lang=en> Acesso em: 28 mar. 2024.

TEISSEDRE, P.-L. *et al.* The effects of wine consumption on cardiovascular disease and associated risk factors: a narrative review. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v.52, n.1, p. 67–79, mar. 2018. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/2129> Acesso em: 10 jan. 2025

TOMAZ, A., COLETO MARTÍNEZ, J.; ARRUDA PACHECO, C. Effects of cover crops and irrigation on 'Tempranillo' grapevine and berry physiology: an experiment under the Mediterranean conditions of Southern Portugal. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. v.55, n.3, p.191–208, aug. 2021. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/4629> Acesso em: 09 jan. 2025.

TONIETTO, J. *et al.*, As Indicações Geográficas de vinhos do Rio Grande do Sul. In: **BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Indicações Geográficas do Rio Grande do Sul registradas até março de 2021. Brasília: MAPA/AECS, 2022. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1142177/1/IGs-RS-Cap5.pdf> Acesso em: 26 mar. 2025.

TONIETTO, J. *et al.* O Regulamento de Uso da Denominação de Origem Vale dos Vinhedos. Vinhos Finos Tranquilos e Espumantes. Bento Gonçalves: **Documentos Embrapa Uva e Vinho**, n. 84, p. 35, 2013. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/971632/1/doc084.pdf>
Acesso em: 25 mai. 2024.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. (1999). Análise mundial do clima das regiões vitícolas e de sua influência sobre a tipicidade dos vinhos: a posição da viticultura brasileira comparada a 100 regiões em 30 países. In **Embrapa Uva e Vinho-Artigo em anais de congresso** (ALICE). In: Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, 9., 1999, Bento Gonçalves. Anais, Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p. 75-90, 1999. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145825/1/tonietto-cbve9.pdf>
Acesso em: 15 mai. 2024.

VACCARI, N, F, de S.; SOCCOL, M, C, H.; IDE, G, M. Compostos fenólicos em vinhos e seus efeitos antioxidantes na prevenção de doenças. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages v.8, n.1, p. 71-83, mar. 2009. Disponível em:
<https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/download/5316/3522/14775>
Acesso em: 1 jan. 2024.

VAN LEEUWEN, C *et al.* An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. **Agronomy**, Basel, v. 9, n. 9, sept. 2019. Disponível em:
<https://www.mdpi.com/2073-4395/9/9/514> Acesso em: 18 out. 2024.

VINHA, A. F. *et al.* Nutraceuticals based on Portuguese grape pomaces as a potential additive in food products. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas v. 26, 2023. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/bjft/a/kKhjc4nRk6CyGCLBmZmThSy/> Acesso em 06 jan. 2025.

WIJEKOON, C. *et al.* Potential Associations among Bioactive Molecules, Antioxidant Activity and Resveratrol Production in *Vitis vinifera* Fruits of North America. **Molecules**, Basel, v. 27, n. 2, p. 336, jan. 2022 Disponível em:
<https://doi.org/10.3390/molecules27020336> Acesso em: 11 jan. 2025

WIMALASIRI, P.M. *et al.* Timing of leaf removal modulates tannin composition and the level of anthocyanins and methoxypyrazines in Pinot noir grapes and wines. **Food Research International**, Amsterdã, v. 178, feb. 2024. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996924000735#:~:text=Leaf%20removal%20after%207%20days%20and%2030%20days%20were%20more,higher%20tannin%20concentrations%20in%20wines> Acesso em: 19 set. 2024.

WINKLER. A. L. **Viticultura**. México: Companhia Editorial Continental, 1965. 792p.

WÜRZ, D. A. *et al.* Agronomic performance of 'Sauvignon Blanc' grapevine with different bud loads, in an altitude region of Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 58, 2023. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/pab/a/HRdcZXwqHzstC9HJTWdVz9z/> Acesso em: 28 mai. 2024.

WÜRZ, D. A.; MARCON FILHO, J. L.; RUFALO, L. Implantação do vinhedo. In: **A cultura da videira: Vitivinicultura de altitude/** org RUFALO., *et al*, Florianópolis. UDESC, 2021.

XYRAFIS, E. G.; GAMBETTA, G. A.; BINIARI, K. A comparative study on training systems and vine density in Santorini Island: Physiological, microclimate, yield and quality attributes. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. 57, n. 3, p. 141–152, aug. 2023. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/7470> Acesso em: 13 abr. 2024.

ZOHAR, Y., *et al.* Improved berry and wine quality of *Vitis vinifera* L. cv. Gewürztraminer grown in an arid climate using a Y-shaped training system. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. 58, n. 1, mar. 2024. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/7148> Acesso em: 16 nov. 2024.

ZUFFEREY, V. *et al.* Influence of water stress on plant hydraulics, gas exchange, berry composition and quality of Pinot Noir wines in Switzerland. **OENO One**, Villenave d'Ornon, v. 51, n. 1, p. 37-57. apr. 2017. Disponível em: <https://OENO-one.eu/article/view/1314> Acesso em: 28 jun. 2024.