

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

**KELI CRISTINA DOS SANTOS**

**“ECOFISIOLOGIA, COMPORTAMENTO VEGETATIVO, PRODUTIVO E  
QUALIDADE DE BAGAS DE VIDEIRAS ‘CHARDONNAY’ EM DIFERENTES  
SISTEMAS DE CULTIVO NA SERRA CATARINENSE”**

**LAGES**  
**2022**

**KELI CRISTINA DOS SANTOS**

**“ECOFISIOLOGIA, COMPORTAMENTO VEGETATIVO, PRODUTIVO E  
QUALIDADE DE BAGAS DE VIDEIRAS ‘CHARDONNAY’ EM DIFERENTES  
SISTEMAS DE CULTIVO NA SERRA CATARINENSE”**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, na Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal.  
Orientador: Prof. Dr. Cristiano André Steffens

**LAGES  
2022**

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

dos Santos, Keli Cristina

Ecofisiologia, comportamento vegetativo:produtivo e qualidade de bagas de videiras 'Chardonnay' em diferentes sistemas de cultivo na Serra Catarinense" : Ecofisiologia, comportamento vegetativo:produtivo e qualidade de bagas de videiras 'Chardonnay' em diferentes sistemas de cultivo na Serra Catarinense" / Keli Cristina dos Santos. -- 2022. 56 p.

Orientador: Cristiano André Steffens

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


1. Vitis vinifera. I. Steffens, Cristiano André. II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. III. Título.

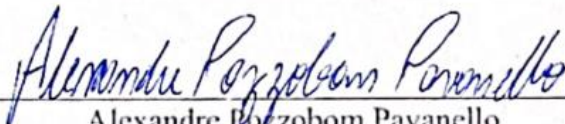
**KELI CRISTINA DOS SANTOS**

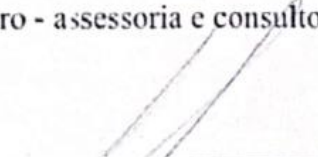
**ECOFISIOLOGIA E COMPORTAMENTO VEGETATIVO, PRODUTIVO E  
QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE BAGAS DE VIDEIRAS CHARDONNAY SOB  
SISTEMA DE CULTIVO PROTEGIDO NA SERRA CATARINENSE**

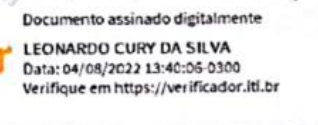
Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, na Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal.

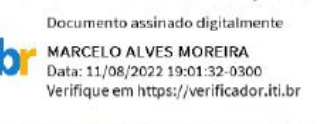
**BANCA EXAMINADORA**

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

Membro:   
Alexandre Pozzobom Pavanello  
Empresa Pavanello Agro - assessoria e consultoria em Fruticultura

Membro:   
Bruno Dalazen Machado  
Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Lages – IFSC

Membro:   
Leonardo Cury Silva  
Instituto Federal de Bento Gonçalves - IFRS

Membro:   
Professor Dr. Marcelo Alves Moreira  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

**Lages, 25 de Abril, 2022**

“Se à sua frente se abrir um caminho nítido, com cada passo à mostra, saiba que esse caminho não é seu. O seu caminho se faz a cada passo dado. É por isso que é seu caminho”

Joseph Campebell

## AGRADECIMENTOS

Á Deus!

Á minha família, minha mãe Cleuri da Luz Lamoglia dos Santos que tanto me apoiou durante todo esse período, com incentivo, amor, respeito, companheirismo e dinheiro.

Ao meu noivo Gentil C. Gabardo, pela paciência, incentivo, carinho e amor ao longo desses quatro anos.

Ao Dr. Professor Cristiano André Steffens, pela paciência, ensinamentos, e todo aprendizado ao longo do doutorado e por aceitar o desafio de orientar a escrita e minha tese de última hora, e Dr. Cassandro Vidal Talamini do Amarante pelo início da orientação.

Aos meus colegas de laboratório, em especial aos colegas e agora amigos Adriana, Angélica, Cristhian, Janaiana, Karina, Tiago, que sempre estiveram disponíveis e com uma palavra amiga.

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

A empresa e vinícola Monte Agudo por disponibilizar a área para os fins experimentais.

Inicialmente a CAPES pela concessão da bolsa.

Aos meus amigos de longa data sempre presentes, mesmo distantes.

Muito Obrigada!

## RESUMO

Este estudo objetivou avaliar a ecofisiologia, comportamento produtivo e a qualidade físico-química de uvas sob cultivo protegido na Serra catarinense. O experimento foi realizado em São Joaquim, SC, nas safras de 2018/19, 2019/20 e 2020/21, em vinhedo de 11 anos de idade da cultivar Chardonnay sobre porta-enxerto Paulsen 1103, com sistema de condução em Y. Os tratamentos consistiram em ambiente descoberto (controle) e cultivos protegidos com tela antigranizo branca (4 mm x 7 mm) e cobertura plástica transparente de rafia (160  $\mu$ m). A tela antigranizo não interferiu nos estádios fenológicos, na fotossíntese e trocas gasosas das plantas e reduziu a radiação fotossinteticamente ativa (RFA), o crescimento vegetativo e a produção, em relação à cobertura plástica, e as condições de desenvolvimento foram semelhantes ao tratamento controle. A cobertura plástica aumentou a temperatura na altura dos cachos, acelerou o processo de maturação, reduziu a RFA, promoveu o crescimento vegetativo, retardou a senescência das folhas e aumentou a produtividade em relação às plantas sem cobertura, mas não alterou a fotossíntese das plantas e demais atributos relacionados as trocas gasosas. A maior relação do vermelho para o vermelho distante foi observada em sistema descoberto. O potencial hídrico das plantas não foi afetado a ponto de limitar seu desenvolvimento sob cobertura plástica. A fotossíntese líquida, trocas gasosas, relação CO<sub>2</sub>, não apresentaram diferenças significativas. O ponto de saturação de luz foi superior em plantas sob cobertura plástica, bem como os teores de clorofila *a*, *b*, *a+b* e a relação clorofila *a/b* na safra 2018/19. Para os anos de 2019/20 e 2020/21, essas variáveis e fotossíntese líquida, trocas gasosas e a relação CO<sub>2</sub> não apresentaram diferenças entre tratamentos, com exceção da safra de 2020/21 em que, a cobertura plástica apresentou maior valor para clorofilas *a+b*. As plantas sob cobertura plástica apresentaram valores superiores às plantas sem cobertura quanto ao peso de cachos (116%), número de cachos por planta (49%) e peso de cachos por plantas (65%). A massa total foi superior no ano de 2019/20 sob cobertura plástica, não apresentando diferenças nos outros anos. Para a relação casca/polpa as bagas a pleno sol apresentaram melhores resultados nos três anos agrícolas. Os teores de sólidos solúveis (SS) e pH foram superiores nos três anos para as uvas sob cobertura plástica. Quanto à casca, no ano agrícola de 2019/20 não foram significativos os teores de ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin)) e, no ano de 2020/21 não houve diferença para os compostos fenólicos. Os teores de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila) e ABTS foram superiores na casca em sistema a pleno sol e sob tela antigranizo, quando comparados a cobertura plástica nos anos agrícolas de 2018/19, e sob tela antigranizo nos anos 2019/20 e 2020/21. Os teores

de DPPH e ABTS no fruto foram superiores em bagas conduzidas a pleno sol e sob tela antigranizo comparado ao sistema de cobertura plástica nos anos agrícolas de 2019/20 e 2020/21. Para os compostos fenólicos presentes na casca e no fruto os teores foram superiores em bagas conduzidas a pleno sol, quando comparada a tela antigranizo e cobertura plástica.

**Palavras-chave:** *Vitis vinífera*; viticultura de altitude; microclima; tela antigranizo; cobertura plástica.



# **ECOPHYSIOLOGY AND VEGETATIVE, PRODUCTIVE BEHAVIOR AND PHYSICO-CHEMICAL QUALITY OF CHARDONNAY VINE BERRIES UNDER PROTECTED GROWING SYSTEM IN SERRA CATARINENSE**

## **ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the Ecophysiology, productive behavior and physicochemical quality of grapes under protected cultivation in Serra Santa Catarina. The experiment was carried out in São Joaquim, SC, in the 2018/19, 2019/20 and 2020/21 harvests, in an 11-year-old vineyard of the cultivar Chardonnay on Paulsen 1103 rootstock, with a Y-conduction system. treatments consisted of an uncovered environment (control) and crops protected with a white anti-hail screen (4 mm x 7 mm) and transparent plastic raffia cover (160 µm). The anti-hail screen did not interfere with the phenological stages, photosynthesis and gas exchange of the plants and reduced the RFA, vegetative growth and production, in relation to the plastic cover, and similar development conditions to the control treatment (without cover). The plastic cover increased the temperature at the height of the bunches, accelerated the maturation process, reduced photosynthetically active radiation (RFA), promoted vegetative growth, delayed leaf senescence and increased productivity in relation to plants without cover, but did not change photosynthesis of plants and other attributes related to gas exchange. The highest red to far red ratio was observed in an uncovered system. The water potential of the plants was not affected to the point of limiting the development of plants under plastic cover. Net photosynthesis, gas exchange, CO<sub>2</sub> ratio did not show significant differences. The light saturation point was higher in plants from the cultivation system protected with plastic cover. Chlorophyll a, b, a+b contents and the chlorophyll a/b ratio were higher in plants under plastic cover in the 2018/19 harvest. For the years 2019/20 and 2020/21, these variables of net photosynthesis, gas exchange and the CO<sub>2</sub> ratio did not show differences between treatments, with the exception of the 2020/21 harvest, in which the plastic cover showed a higher value for chlorophylls a +b. Plants under plastic cover showed higher values than plants without cover in terms of bunch weight (116%), number of bunches per plant (49%) and weight of bunches per plant (65%). The total mass was higher in the year 2019/20 under plastic cover, showing no differences in the other years. For the peel/pulp ratio, the berries in full sun showed better results in the three growing seasons. The contents of soluble solids (SS) and pH were higher in the three years for grapes under plastic cover. In the 2019/20 crop year, ABTS levels in the skin were not significant, and in the 2020/21 crop year there was no difference for phenolic compounds in the grape skins. The DPPH and ABTS contents were higher in the bark in full sun system and under hail net, when compared to plastic cover in the 2018/19

crop years, and under hail net in the years 2019/20 and 2020/21. The DPPH and ABTS contents in the fruit were higher in berries grown in full sun and under hail net compared to the plastic cover system in the 2019/20 and 2020/21 crop years. For the phenolic compounds present in the skin and in the fruit, the contents were higher in berries grown in full sun, when compared to anti-hail screen and plastic cover.

**Keywords:** altitude wines, microclimate, wine tourism, hail net, plastic cover.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figure 1 - Water potential of leaves in the cultivar Chardonnay, measured at three periods of the day (7:00, 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 hours), in the month of December, in the 2019/20 and 2020/21 harvests, in uncovered systems, under screen and plastic cover, in the city of São Joaquim, SC. ....	28
--	----

## LISTA DE TABELAS

Table 1 - Microclimatic variables of maximum, minimum, average temperatures and relative humidity (%) in an uncovered cultivation environment, covered with anti-hail screen or with plastic cover, in the 'Chardonnay' cultivar, from September to October, in the 2019 harvests /20 and 2020/21, São Joaquim, SC. ....	25
Table 2 - Photosynthetically active radiation (RFA; $W m^{-2}$ ) incident on the height of vine bunches of the 'Chardonnay' cultivar, in uncovered cultivation systems, covered with anti-hail screen and with plastic cover, in December, 2019 harvests /20 and 2020/21. Sao Joaquin, SC. ....	27
Table 3 -. Light intensity at different wavelengths, and V/Vd ratio, at the height of vine bunches in the 'Chardonnay' cultivar, in an uncovered, covered cultivation system, with anti-hail screen and with plastic cover, in December, 2019/20 harvests. Sao Joaquin, SC .....	28
Table 4 - Gas exchange (gs) in vine bunches of the 'Chardonnay' cultivar, in uncovered cultivation systems, covered with anti-hail screen and with plastic cover, in December, 2018/19 and 2019/20 harvests São Joaquim, SC.....	29
Table 5 - Levels of photosynthetic pigments in vines in the 'Chardonnay' cultivar, in uncovered cultivation systems, covered with anti-hail screen and with plastic cover, in December, 2018/19, 2019/20 and 2020/21 harvests. Sao Joaquin, SC.....	31
Table 6 - Phenological stages (days after pruning to reach each stage), and vines in the 'Chardonnay' cultivar, in uncovered cultivation systems, covered with anti-hail screen and with plastic cover, in December, 2018/19 and 2019/20. Sao Joaquin, SC.....	32
Table 7 - Vegetative attributes measured in December, in the 2018/19, 2019/20 and 2020/21 harvests, in uncovered systems, under screen and plastic cover in the 'Chardonnay' cultivar, in the city of São Joaquim, SC.....	33
Table 8 - Productive attributes of vines in the cultivar 'Chardonnay', in uncovered cultivation systems, covered with anti-hail screen and with plastic cover, in December, 2018/19, 2019/20 and 2020/21 harvests. Sao Joaquin, SC.....	35
Tabela 1 - Massa fresca de casca, polpa, massa fresca total e relação casca/polpa de bagas de uvas 'Chardonnay' produzidas em pleno sol e cultivo protegido com tela e cobertura plástica, São Joaquim, SC, nas safras de 2018/19, 2019/20 e 2020/21. ..	47

Tabela 2 - Teor de sólidos solúveis e pH de uvas Chardonnay produzidas em pleno sol e cultivo protegido com tela e cobertura plástica, São Joaquim, SC, nas safras de 2018/19, 2019/20 e 2020/21.....	49
Tabela 3 - - Atividade antioxidante e conteúdo de compostos fenólicos totais na casca e polpa de bagas de uvas Chardonnay produzidas em pleno sol e cultivo protegido com tela e cobertura plástica, São Joaquim, SC, nas safras de 2018/19, 2019/20 e 2020/21.....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS

A	Taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> ( $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).
AMax	Fotossíntese máxima ( $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).
Chl <i>a</i>	Clorofila <i>a</i> ( $\text{mg g}^{-1}$ ).
Chl <i>b</i>	Clorofila <i>b</i> ( $\text{mg g}^{-1}$ ).
Chl <i>total</i>	Clorofila <i>total</i> ( $\text{mg g}^{-1}$ ).
Chl <i>a/b</i>	Relação clorofila <i>a/b</i> ( $\text{mg g}^{-1}$ ).
DFFFA	Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativo ( $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).
G <sub>s</sub>	Condutância estomática ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).
PMP	Ponto de murcha permanente (-1,5MPa).
Re	Respiração no escuro ( $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).
RFA	Radiação fotossinteticamente ativa, 400-700nm ( $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).
□	Umidade volumétrica do solo ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).
□ <sub>a</sub>	Eficiência quântica aparente ( $\mu\text{mol CO}_2/\mu\text{mol fótons}$ ).
□	Ponto de compensação fotossintética ( $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).
ψ <sub>foliar</sub>	Potencial hídrico foliar (MPa).
°C	Grau Celsius
ANOVA	Análise da variância
cm	centímetro
CV	Coefficiente de variação
FAOSTAT	Food and agriculture Organization of the United Nations
FP	Firmeza de polpa
g	Gramas
ha	Hectare
L	Litro
mg L <sup>-1</sup>	miligrama por litro
mL	Mililitro
n°	Número
°Brix	Grau Brix
S	Sul
SS	Sólidos solúveis

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>16</b>
	<b>CAPÍTULO 1 - ECOFISIOLOGIA E COMPORTAMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVO DE VIDEIRAS ‘CHARDONNAY’ SOB SISTEMAS DE CULTIVO PROTEGIDO NA SERRA CATARINENSE.....</b>	<b>20</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL AND METHODS .....</b>	<b>23</b>
<b>3</b>	<b>RESULTS AND DISCUSSION .....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>35</b>
	<b>REFERENCES .....</b>	<b>37</b>
	<b>CAPÍTULO 2 - QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE UVAS CULTIVAR CHARDONNAY PRODUZIDAS EM PLENO SOL, SOB TELA ANTIGRANIZO E COBERTURA PLÁSTICA EM REGIÃO DE ALTITUDE.</b>	<b>41</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>44</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>53</b>
	<b>APÊNDICE A- CUSTOS DE PRODUÇÃO PARA 1 HA DE UVA FINA .....</b>	<b>56</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

A uva (*Vitis vinifera* sp.) é a matéria prima destinada a produção de vinhos. O gênero *Vitis* apresenta 21 espécies distribuídas entre americanas, europeias e asiáticas, com diferentes cultivares, o que confere a uva adaptação aos diferentes climas e solo do mundo (SOUSA NETO, 2006).

Os dados publicados pela Organização Internacional de uvas e vinhos (OIV) no ano de 2019, descrevem que a área de uvas cultivadas destinadas a produção de vinhos foi de 7,4 milhões de hectares no mundo. Em média, 50% da produção mundial está concentrada em cinco países, Espanha (13%), China (12%), França (11%), Itália (9%) e Peru (6%). A China como maior produtor mundial totalizou uma produção de 11,7 milhões de toneladas (mt) em 2018; seguida da Itália com 8,6 mt, Estados Unidos com 6,0 mt, O Brasil, no ano de 2018, apresentou uma produção de 1,6 mt de uvas, com 46,5% deste volume destinado a produção de vinhos.

Entre os maiores produtores de vinhos em milhões de hectolitros (hl), segundo a OIV (2019), a Itália ocupa a primeira posição com produção de 54,8 mhl, seguida da França com 48,6 mhl e da Espanha com 44,4 mhl. O Brasil aparece na 15ª posição, com 3,1 mhl produzidos.

No Brasil o panorama de produção de uvas de vinhos é concentrado em maior proporção na região Sul do país. O estado do Rio Grande do Sul apresenta a maior área cultivada com videiras e o maior volume de vinho produzido, liderando o mercado nacional. A região de Santa Catarina tem se mostrado como uma opção para o cultivo de uvas destinadas a produção de vinhos, especialmente a Serra Catarinense que está se destacando no cenário nacional pela qualidade de vinhos produzidos e por apresentar um ‘terroir’ diferenciado (BRIGHENTI *et al.*, 2015). Com características particulares de cultivo e um clima diferenciado para o ‘terroir’ dos vinhos, a região de São Joaquim apresenta-se como promissora no fortalecimento das instalações de vinhedos, com o objetivo de produzir vinhos em regiões de altitude no planalto catarinense (BRIGHENTI *et al.*, 2015; SAMPAIO, 2016).

No entanto, as condições de clima em região de altitude podem afetar sobremaneira o desenvolvimento das vinhas (FERRI, 2020). Na região Sul do Brasil, as condições climáticas são instáveis no decorrer do ano, com alta precipitação pluviométrica, incidência de geadas fortes e tardias, bem como a frequente ocorrência de granizo nesta região (BOSCO; BERGAMASCHI; MARODIN, 2020; BRIGHENTI *et al.*, 2015), exigindo um manejo e condução dos vinhedos diferenciados (XING *et al.*, 2015). A produção, mas também a



qualidade, quantidade, ‘terroir’ dos vinhos, estão diretamente ligadas as condições a que as vinhas foram submetidas (FENG *et al.*, 2015).

Para reduzir os efeitos adversos do clima, o uso de tecnologias e insumos diferenciados são as principais formas de diminuir os danos nas áreas. Tecnologias como a instalação de telas antigranizo estão sendo empregadas para evitar os danos causados nas videiras (BOSCO *et al.*, 2015), e em macieiras (BOSCO; BERGAMASCHI; MARODIN, 2020). Em videira, a tela antigranizo permite reduzir os danos e ferimentos nas plantas e cachos causados pelo granizo, evitando a perda total da área (AZEVEDO *et al.*, 2020).

A cobertura plástica é um insumo que tem se mostrado eficiente no controle de danos ocasionados pela ocorrência de granizo e de geadas tardias, especialmente após os estádios de brotação, florescimento, desenvolvimento das plantas e enchimento de bagas (AZEVEDO *et al.*, 2020; BRIGHENTI *et al.*, 2015). Todavia, os efeitos do uso dessas tecnologias em vinhedos e na qualidade de bagas produzidas em regiões de altitude, ainda são insuficientes na literatura. As pesquisas sobre o uso de telas antigranizo estão mais focadas na produção de maçãs. Enquanto o uso de plástico transparente, apresenta estudos para videiras cultivadas nas regiões da Serra Gaúcha para vinho, e em uvas de mesa e cultivo orgânico em todo o Brasil (AZEVEDO *et al.*, 2020; CHAVARRIA *et al.*, 2009; LEITÃO *et al.*, 2017).

O sucesso no cultivo de uvas é dependente de fatores climáticos e microclimáticos essenciais para o desenvolvimento das vinhas como, temperatura do ar, umidade relativa, precipitação e radiação solar, nos diversos estágios de desenvolvimento (CAMPOS *et al.*, 2013). Assim, o uso desses insumos pode influenciar no dossel de plantas, a exemplo do microclima, redução de radiação e alterações anatômicas nas plantas, condição que pode proporcionar alterações nas taxas fotossintéticas das plantas, em função das alterações na taxa de difusão de CO<sub>2</sub> nos cloroplastos (BOSCO *et al.*, 2020).

A cobertura plástica apresenta efeito direto nas condições de microclima do vinhedo (SILVA, L. *et al.*, 2015), aumenta a temperatura máxima na altura dos cachos (HOLCMAN *et al.*, 2019; PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2015), reduz a velocidade do vento e a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (SILVA, L. *et al.*, 2015), preserva a umidade (PALMA *et al.*, 2019), minimiza a lâmina de água evaporada das plantas (CHAVARRIA *et al.*, 2009) e diminui os efeitos negativos do excesso de chuvas em áreas tropicais úmidas e o molhamento foliar (DU *et al.*, 2015).

Azevedo *et al* (2020) indicam que o uso de cobertura plástica proporciona menor fluxo de radioativos (PAR). Contudo, essas plantas otimizam o uso da radiação, com valores 3 a 4 vezes maiores em quantidade de luz difusa (CHAVARRIA *et al.*, 2012), e pode proporcionar

condições favoráveis de microclima para o crescimento vegetativo das plantas e produtividade (AZEVEDO *et al.*, 2020). Proporcionam ainda aumento na síntese de metabólitos secundários como os compostos fenólicos, que proporcionam qualidade as bagas e sabor (PALMA *et al.*, 2019). Outro fator importante da radiação UV em algumas variedades de uvas é induzir a formação de compostos como os estilbenos em resposta a fatores estressantes na planta, permitindo desenvolver imunidade basal na folha (LIO *et al.*, 2019).

O uso de cobertura plástica diminui a incidência de doenças e reduz em 81% a ocorrência de míldio nas folhas (HOLCMAN *et al.*, 2019). Du *et al.* (2015) apresentaram resultados com decréscimo de 90% e 93% na ocorrência de míldio para a variedade ‘Shuijng’ e outras doenças. As alterações microclimáticas e a impermeabilidade à água da chuva, proporcionando redução do molhamento foliar (CHAVARRIA *et al.*, 2012; COMIRAN *et al.*, 2012; MENG *et al.*, 2012; SILVA, J. *et al.*, 2018), harmoniza melhorias no controle fitossanitário e incremento na qualidade dos frutos (BORGHEZAN *et al.*, 2011; CHAVARRIA *et al.*, 2012; PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2013; REIS *et al.*, 2012; SILVA, J. *et al.*, 2018).

Da mesma forma, a tela antigranizo transparente possibilita microclima caracterizado por temperaturas amenas (SANTOS *et al.*, 2010) e umidade relativa reduzida (TAFOYA *et al.*, 2018). O uso de tela antigranizo pode diminuir a incidência de raios solares, atenua em 10% a RFA e reduz cerca de 15% da luz difusa (PALMA *et al.*, 2019) no dossel de plantas. Segundo Santos *et al.* (2010), o bloqueio da radiação solar direta, por esse tipo de cobertura, não interfere nos processos fotossintéticos das plantas, considerando que plantas bem manejadas permite a penetração da luz e a utilização dessa radiação solar na zona de frutificação, não interferindo na qualidade dos frutos (SONG *et al.*, 2015).

As diferenças climáticas proporcionadas por regiões de altitude, associadas as condições climáticas diferenciadas do cultivo protegido, se combinam para determinar a composição química das uvas (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Além disso, seu uso pode superar as condições adversas, proporcionadas pelas chuvas, reduzindo a severidade de doenças, o uso de produtos químicos e proporcionando melhorias na qualidade dos frutos, pelo aumento no teor de sólidos solúveis, melhoria do pH e redução da acidez nas bagas, sem influenciar o índice de polifenóis, e permitindo alcançar benefícios econômicos satisfatório (DU *et al.*, 2015). As vinhas são altamente dependentes de açúcares, ácidos e polifenóis (MARCON FILHO *et al.*, 2015). As vantagens do cultivo protegido em não permitir a exposição solar excessiva dos frutos, segundo Sui *et al.* (2012), pode melhorar os atributos químicos das bagas, pois desenvolve características específicas, permite o sabor modificado na qualidade

do vinho e produz compostos aromáticos varietais, a exemplo dos monoterpenos (LEE *et al.*, 2016).

O presente estudo tem como objetivo caracterizar a influência da cobertura plástica sobre a Ecofisiologia de plantas de uvas, severidade de doenças, potencial produtivo e qualidades físico-químicas da variedade 'Chardonnay' em região de altitude no estado de Santa Catarina.

## OBJETIVOS

Aplicar o contraste em vinhedos sob cobertura plástica translúcida, tela antigranizo transparente e a pleno sol, caracterizar, as mudanças microclimáticas nos sistemas de cultivo e determinar o período fenológico das plantas, desde a poda até a colheita, diferenciar o potencial hídrico das plantas, quantificar as influências fisiológicas nas plantas, e a qualidade físico-química das bagas.

## HIPÓTESES

- O aumento do acúmulo térmico sob cobertura plástica, altera os estádios fenológicos e maturação das bagas da videira em região de altitudes.
- A cobertura plástica interfere no potencial hídrico de folha e altera as condições fotossintéticas das plantas.
- A cobertura plástica reduz a incidência e severidade de doenças nas folhas e cachos em região.
- A cobertura plástica incrementa quantidade e qualidade da produção em uvas de região de altitude.

## **Capítulo 1 - Ecofisiologia e comportamento vegetativo e produtivo de videiras 'Chardonnay' sob sistemas de cultivo protegido na Serra Catarinense**

Ecophysiology and vegetative and productive behavior of 'Chardonnay' vines under protected cultivation systems in Serra Catarinense

Keli Cristina dos Santos<sup>1</sup>, Cristiano André Steffens<sup>2</sup>, Cassandro Vidal Talamini do Amarante<sup>2</sup>, Cristhian Leonardo Fenili<sup>1\*</sup>, Adriana Lugaresi<sup>1</sup>, Angélica Schmitz Heinzen<sup>1</sup>

Ecophysiology and vegetative and productive behavior of 'Chardonnay' vines under protected cultivation systems in Serra Catarinense

**Abstract** - The occurrence of hail and late frosts and the excess of rains close to the harvest limit the production of grapes destined for vinification in Serra Catarinense. This study aimed to evaluate the effect of protected cultivation, with anti-hail screen or plastic cover, on phenological behavior, water potential, gas exchange, vegetative growth and vine production in a high-altitude region of Santa Catarina. The experiment was carried out in São Joaquim, SC, in the 2018/19, 2019/20 and 2020/21 harvests, in an 11-year-old vineyard of the cultivar Chardonnay on Paulsen 1103 rootstock, with a Y-conduction system. Treatments consisted of an uncovered environment (control) and crops protected with a white anti-hail screen (4 mm x 7 mm) or a transparent plastic raffia cover (160 µm). For the fruit maturation stage (8), berries under plastic cover anticipated the maturation process. However, for the leaf senescence stage (9), plants under plastic cover delayed leaf fall. In the gas exchange variables, there was no significant difference among the three treatments. Photosynthetically active radiation (RFA) was higher for control plants; plants under plastic cover were submitted to slightly higher temperatures at the height of the bunches compared to those of the control and the anti-hail screen groups; Condition that promoted vegetative growth, delayed leaf senescence and increased productivity in relation to plants without cover, but did not alter plant photosynthesis and other attributes related to gas exchange. The intensity of ultraviolet light was lower for plants under plastic cover, compared to the control and the anti-hail screen ones. For blue light, the highest values were observed in control plants, differing from those under the screen, and both differing from the plastic cover system. For green, red and far red, the highest values were observed in control plants in relation to the others. The red/distant red ratio was higher for control plants, followed by those treated with plastic and anti-hail screen. Chlorophyll a contents were higher for plants under the plastic cover, followed by those of the anti-hail screen, and then the control of the year 2018/19. Chlorophyll b contents were lower for the control when compared to the plastic cover and the anti-hail screen ones of the year 2018/19. Chlorophyll a + b contents were higher for plants under plastic cover or anti-hail screen compared to the control group. The levels of chlorophyll a, b, a+b, a/b ratio of the years 2019/20 and 2020/21 did not differ statistically. Carotenoids also showed no differences for the years 2018/19. Plants under plastic cover showed higher values than plants without cover in terms of bunch weight (116%), number of bunches per plant (49%) and weight of bunches per plant (65%). The cultivation protected with the anti-hail screen kept those

attributes similar to the cultivation without cover. Therefore, the plastic cover showed greater advantages, allowing cultivation in high altitude regions.

**Keywords:** altitude wines, microclimate, wine tourism, anti-hail screen, plastic cover.

## 1 INTRODUCTION

Although Brazil does not have a tradition in wine production, unlike many European countries, there is a considerable area dedicated to the cultivation of grapes and wine production, such as the temperate production zones of Campanha in Rio Grande do Sul, Serra Gaúcha and the Serra Catarinense (CHELOTTI; MEDEIROS, 2021).

The wines produced in the Serra Catarinense region (above 800m of altitude) stand out in the national scenario (FELIPPETO *et al.*, 2021). The factors that make the high-altitude cultivation of wine grapes interesting, both culturally and economically, are associated with the differentiated flavor and aroma, which, combined with wine tourism, make the culture increasingly attractive to the consumer and profitable to the producer (FERRI, 2020).

Considering the aspects of climate and grape production in regions of the Serra Catarinense, many producers are adopting cultivation in a protected environment with the use of anti-hail screen (BOSCO *et al.*, 2015) or plastic cover (PEDRO JÚNIOR; HERNANDES, 2020), aimed at protecting plants from hail and late frosts (HAWERROTH; NACHTIGALL, 2016). However, the impacts of protected cultivation on plant physiology and fruit quality in altitude regions for grape cultivation are still scarce in the literature. The implementation of plastic cover and anti-hail screen in the Serra Catarinense region requires studies, mainly on factors related to physiological and microclimatic responses, vegetative and productive behavior (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

The use of plastic cover increases the temperature inside the canopy and reduces humidity, evapotranspiration and the incidence of solar radiation (HOLCMAN *et al.*, 2019; LEITÃO *et al.*, 2017; PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2019). In regions of Rio Grande do Sul, which have a tradition of protected cultivation and the production of quality wines, the works are more advanced regarding the interference of the use of plastic covering. However, in the Serra Catarinense region, little is known about the effects of using this technology.

The objective of this work was to evaluate the effects of microclimatic conditions, phenology, gas exchange, light interception, water potential in plants, vegetative and productive behavior of vines handled in an uncovered management system, under cover with an anti-hail screen or a transparent plastic in high-altitude region in the Serra Catarinense.

## 2 MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out in the 2018/19, 2019/20 and the 2020/21 cycles with the cultivar 'Chardonnay', at the Monte Agudo Winery, located in São Joaquim, SC, at 1,264 m of altitude, with the geographic coordinates 28°14'54' 'S and 49°47'52''W. The vineyard has been implanted for 11 years (2007 to 2018), on Paulsen 1103 rootstock. The conduction system is in “Y”, with a spacing of 2.90m between rows and 1.30m between plants, obtaining a density of 2,870 plants per hectare. Pruning is implemented with four sticks per plant and 4 to 6 buds per stick.

The climate classification of the region of São Joaquim, SC, is Cfb, according to Köppen, (1884), with moderate temperature and well-distributed rain, mild summer, occurrence of frosts in winter and autumn, with average temperatures below 20° C, except in summer, when temperatures exceed 28°C. In winter, the average temperature is below 14°C, with minimum temperatures below 8°C.

The air under plastic cover had lower values of relative humidity in both seasons. This condition can be attributed to the barrier that the plastic imposes to leaf wetness.

The treatments evaluated were the control group, without any coverage, the anti-hail screen group and the plastic cover group.

The material used in the cover was plastic braided transparent polyethylene cloak (160µm thick), waterproofed in the first year (2018) of use in the vineyard. After the grapes were harvested, the material (plastic tarpaulin) was removed, to increase durability, and replaced immediately after pruning in the next agricultural cycle (allowing durability of up to 20 years). The plastic cover was arranged along the planting line, following a north-south orientation, placed on metallic wires which were over steel arches (tunnels with a height of 1.30m from the plant to the plastic and 3m wide), fixed on the structure of the “Y” system.

The white anti-hail screen, with an opening of 4 mm x 7 mm, fixed in the same arrangement, placed on the same metallic structure used for the plastic which were over steel arches (tunnels with a height of 1.30m from the plant to the plastic and 3m wide), fixed on the structure of the “Y” system (used only for experimental purposes).

Phenology evaluations were carried out from the beginning of sprouting to the end of the cycle: plant water potential, gas exchange, intensity of different wavelengths, photosynthetically active radiation, photosynthetic pigments, vegetative and productive attributes.

After performing the winter pruning in the productive cycles, after 14 days, evaluations were carried out to estimate the sprouts of the plants for the phenology calculations. Data were collected from 1 plant of each repetition, at 14-day intervals, throughout the vegetative/productive cycle of the 2018/19 and 2019/20 harvests. Phenology was expressed as a percentage of branches per point of the phenological scale developed by Lorenz *et al.* (1995), classified into phenological stages: \*(0)-budding, (1)-leaf development, (5)-inflorescence appearance, (6)-blossom, (7)-fruit development, (8)-fruit maturation, (9)-beginning of dormancy on the evaluation dates. In the same plant, the number of branches and total leaves per plant were evaluated.

For the microclimatic characterization, the maximum, minimum, average temperatures and the relative humidity were obtained using a data logger (NOVUS, LOGBOX-RHT-LCD) at the height of the bunches. The equipment was in the field from August to September in the 2019/20 and the 2020/21 harvests.

In the evaluations of microclimatic variables in the two seasons (2019/20 and 2020/21), changes caused by the use of plastic covering on the crop rows were observed. Plants under plastic cover had higher maximum, average and minimum air temperatures compared to those uncovered or under anti-hail screen (Table 1). The average temperature difference between the plants under the uncovered system and the anti-hail screen was 0.2 °C, and between the uncovered system and the plastic cover, 0.5 °C, in the year 2019/20. In the year 2020/21, these differences were 0.1 °C for the uncovered system and anti-hail screen group, and 0.6 °C for the uncovered system and the plastic cover group. Study carried out by Pedro Júnior *et al.* (2019) cite higher temperature in the bunch of ‘Syrah’ vines produced under plastic cover, compared to an uncovered environment. It can be seen, in general, that the plastic cover delays the loss of heat in comparison to the uncovered system and the anti-hail screen groups. Therefore, temperature directly affects plant development and the hormonal balance of fruit trees (SILVA, T. *et al.*, 2021), as well as the vegetative development and quality of the grapes produced (MARANHÃO *et al.*, 2020).



Table 1 - Microclimatic variables of maximum, minimum, average temperatures and relative humidity (%) in an uncovered cultivation environment, covered with anti-hail screen or with plastic cover, in the 'Chardonnay' cultivar, from September to October, in the 2019 harvests /20 and 2020/21, São Joaquim, SC.

Microclimatic Variables	Uncovered	Screen	Plastic cover
	Crop 2019/20		
Max. canopy (°C)	34,5	34,2	34,7
T. min. canopy (°C)	7,1	7,1	7,5
T. average canopy (°C)	20,6	20,4	21,1
UR. canopy (%)	79,1	81,4	77,9
Crop 2020/21			
Max. canopy (°C)	32,2	32,1	32,4
T. min. canopy (°C)	8,1	8,1	8,7
T. average canopy (°C)	20,0	20,1	20,6
UR. canopy (%)	81,2	80,6	79,6

Source: Prepared by the author (2022).

The radiation spectrum was obtained with a spectrophotometer (APOGGEE INSTRUMENTS – model SS – 110), with detection of wavelengths from 340 to 810 nm, at midday. From the data obtained, the total radiation available in the control treatment and the radiation available for plants under anti-hail screen and plastic cover were quantified. The total radiation (without interference from the physical barrier) was quantified as 100% of the available light, and the other values were calculated as a function of the total radiation, then, the percentage of light retained by the physical barrier was determined. The spectroradiometer measured the amount of light in the ultraviolet (300-390 nm), blue (450-490 nm), green (490-580 nm), red (620-700 nm), far red (700-750 nm) ranges. The red/far red (V/Vd) ratio was calculated considering these last two wavelength ranges. Photosynthetically Active Radiation (RFA) was determined with a ceptometer, Licor model leaf area index (LAI-2200C – Licor, USA).

The determination of leaf water potential ( $\Psi_{\text{foliar}}$ ) was performed with a pressure chamber (PMS Instrument Co, model 1000, USA). The evaluations were carried out on leaves opposite the grape bunches, from 7 am to 3 pm, in December of the 2019/20 and 2020/21 harvests, with intervals of two hours between the evaluations.

The number of branches and leaves was estimated per plant. The variables were analyzed according to the vegetative stage of the plants. Four representative branches were marked on the plants, with the aid of graduated rulers, and measurements were performed on one plant by repetition. The branches and leaves were not removed from the plants to avoid causing damage and injuries. The leaf attributes were quantified through the evaluation of area, dry mass and specific area, using ten leaves in each repetition. Leaf area (cm<sup>2</sup>) was

quantified using a leaf area integrator (Li-Cor, model LI-3100, USA). The dry mass (g) was quantified on an analytical balance, after drying in an oven at 65 °C, with forced air circulation, for 72 hours. The specific leaf area ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) was calculated by dividing the area ( $\text{cm}^2$ ) by the dry mass (g) of the leaves. The fresh weight of leaves on a plant ( $\text{kg plant}^{-1}$ ) was estimated by the number of leaves on the plant and multiplied by the fresh mass (g).

The levels of chlorophyll a, b and total (a+b), a/b and carotenoids ratio were obtained by collecting three disks of 26.6 mm in circumference and placed in amber glasses (10 mL), covered with aluminum foil and adhesive tape, with 7 mL of DMSO (extractor reagent - dimethyl sulfoxide), incubated at 65°C for two hours. After total chlorophyll extraction, the liquid was pipetted into Elisa plates, and reading was performed in a microplate reader (brand, country model), at chlorophyll wavelengths at 649 nm, 665 nm and 480 nm for chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids, respectively. The levels of chlorophyll a, b and total and carotenoids were obtained by the formulas:  $\text{Chl a } (\mu\text{L}^{-1}) = 12.47*(665 \text{ nm}) - 3.63*(649 \text{ nm})$ .  $\text{Chl a } (\text{g L}^{-1}) = ((\text{Chl a}*(\text{DMSO volume})/1000))/\text{leaf disc leaf area } (\text{mm}^2) * 10000$ ;  $\text{Chl b } (\text{g L}^{-1}) = 25.06*(640 \text{ nm}) - 6.5*(665 \text{ nm})$ ,  $\text{Chl b } = ((\text{Chl b}*(\text{DMSO volume})/1000))/\text{leaf area of the leaf } (\text{mm}^2) * 10000$ ;  $\text{Chl a + b} = 21.44*(649 \text{ nm}) + 5.97*(665 \text{ nm})$ .  $\text{Chl a+b } (\text{g L}^{-1}) = ((\text{Chl a}*(\text{DMSO volume})/1000))/\text{leaf disc leaf area } (\text{mm}^2) * 10000$ ; the a/b ratio by dividing the values of a and b,  $\text{carotenoids} = (1000*(470 \text{ nm}) - 2.14*(\text{Chl a}) - 70.16*(\text{Chl b}))/220$ ,  $\text{Carotenoid } (\text{g L}^{-1}) = ((\text{carotenoids}*(\text{DMSO volume})/1000))/\text{leaf area of leaf disc } (\text{mm}^2) * 10000$  adapted.

Net photosynthesis (A;  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), stomatal conductance (gs;  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), ratio between  $\text{CO}_2$  ( $\text{C}_i/\text{C}_a$ ), internal concentration of  $\text{CO}_2$  ( $\text{C}_i$ ), quantum yield of photosystem I (FSI) and maximum quantum yield of photosystem II (FSII), relative rate of electron transport (ETR) were generated with an infrared gas analyzer (LI-6400, LI-COR, USA), equipped with an open-top chamber. These evaluations were performed on the color change of the berries.

The number of bunches and weight of bunches (kg) per plant were obtained by collecting all bunches from two plants, which were counted and weighed, and the average of these values was obtained. The individual bunch weight (g) was estimated by the total weight of bunches and divided by the number of bunches. Yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) was estimated by harvesting two plants, and then weighting yield to the total number of plants in one hectare.

It showed a completely randomized design, with three treatments and five replications per treatment, with two plants per replication. The program for statistical analysis was SISVAR 2.0, with LSD test ( $p < 0.05$ ).

### 3 RESULTS AND DISCUSSION

A reduction around 36% of RFA was observed in plants under a screen in relation to those under a plastic cover in the 19/20 cycle, whilst a reduction of 35% was shown in the control group in the 20/21 cycle. In relation to cycles 19/20 and 20/21, there was a reduction in RFA in plants under cover of around 39% and 58%, respectively (Table 2). Although the material is removed at the end of the harvest to increase its durability, the condition of accumulation of residues from the previous year is a relevant factor. Other studies carried out in Brazil also demonstrated the reduction of RFA under plastic cover. Azevedo *et al.* (2020) observed a decrease in the number of grape plants with the cover, at 50 cm above the plant canopy. Mota *et al.* (2009), Cardoso *et al.* (2008, 2010), Chavarria *et al.* (2011) also found a reduction in RFA under plastic cover. According to Charvarria *et al.* (2009), the reduction of RFA can be 30% in covered vineyards, compared to the uncovered system. This condition is due to the imposition of the physical barrier imposed by the plastic, which resulted in a decrease in the availability of light (2012). According to Leitão *et al.* (2017), the RFA was reduced by 40%, at 50 cm from the canopy, on vines under plastic cover in the São Francisco river valley.

Table 2 - Photosynthetically active radiation (RFA;  $W m^{-2}$ ) incident on the height of vine bunches of the 'Chardonnay' cultivar, in uncovered cultivation systems, covered with anti-hail screen and with plastic cover, in December, 2019 harvests /20 and 2020/21. Sao Joaquin, SC.

Treatment	Crop 2019/20	Crop 2020/21
Uncovered	2317 a	1613 a
anti-hail screen	1492 b	1142 b
Cob. Plastic	1416 b	872 b
CV %	17,7	21,0

Means followed by the same letter, in the columns, did not differ by the LSD test ( $p < 0.05$ ). Source: Prepared by the author (2022).

The use of plastic covering allows greater interception of ultraviolet (UV) and blue light (Table 3), a condition that differed from the control and the anti-hail screen groups. The wavelengths in the green and red bands were more intercepted by the anti-hail screen compared to the control and the plastic cover groups. The far-red interception ( $V_r$ ) was higher for the plastic cover and the anti-hail screen systems, when compared to the control system. The highest interception rate ratio between red/far red ( $V/V_d$ ) was observed in the control, followed by the plastic cover and the anti-hail screen groups (CHAVARRIA *et al.*, 2011; KERBAUY, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2015). Plants subjected to shading have lower respiratory rate and absorb more of the available light, which makes them more efficient in terms of the

use of radiation, a condition that reduces the waste of photons in the leaf, due to the smaller number of cells. According to Batista *et al.* (2018), the quality of light available in plant canopy is directly linked to the production of structural genes that contribute to the adaptation of plants to shaded environments.

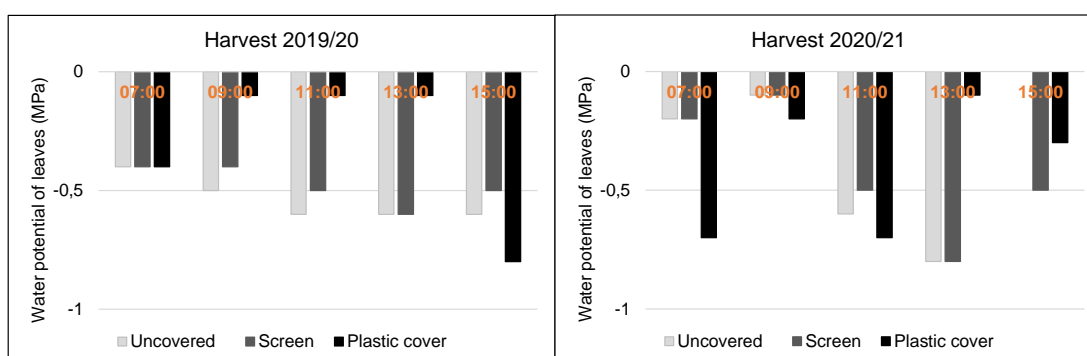
Table 3 -. Light intensity at different wavelengths, and V/Vd ratio, at the height of vine bunches in the 'Chardonnay' cultivar, in an uncovered, covered cultivation system, with anti-hail screen and with plastic cover, in December, 2019/20 harvests. Sao Joaquin, SC

Radiation attributes	Uncovered	Screen	Plastic cover	CV %
Ultraviolet	76,7 a	76,6 a	12,1 b	11,3
Blue	27,8 a	21,2 b	16,2 c	13,0
Green	67,9 a	37,4 b	40,4 b	21,7
Red (V)	60,8 a	37,4 b	39,1 b	20,3
Far red (Vd)	37,3 a	27,5 b	26,7 b	15,1
V/Vd Ratio	1,63 a	1,29 c	1,47 b	5,92

Means followed by the same letter, in the lines, do not differ by the LSD test ( $p < 0.05$ ). Source: Prepared by the author (2022).

It was observed in Figure 1 that the water potential of the plants was adequate for the development of the vine, in the three conduction systems, which must be between -0.2 and -0.6 MPa. This condition of no water deficit for plants under plastic cover is explained by the high rainfall that occurs in the region where the work was carried out.

Figure 1 - Water potential of leaves in the cultivar Chardonnay, measured at three periods of the day (7:00, 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 hours), in the month of December, in the 2019/20 and 2020/21 harvests, in uncovered systems, under screen and plastic cover, in the city of São Joaquim, SC.



Source: Prepared by the author (2022).

For the variables related to gas exchange, photosynthesis, stomatal conductance, internal carbon/external carbon ratio, internal carbon, photosystem, fluorescence ratio, performance of photosynthesis II and electron transport rate (Table 4) in the crop years of 108

/19 and 2020/21 there were no significant differences among the three treatments. Wang *et al.* (2016) explain that the reduction in blue light delays the process of leaf senescence, as there is no degradation of chlorophyll present in chloroplasts. Plants are able to effectively compensate for the reduced availability of light for their development. This condition improves the CO<sub>2</sub> assimilation characteristics, supporting the transport of electrons and maintaining the efficiency of photosystem II. Plants can change their leaf morphology in terms of the arrangement of chloroplasts (STREIT *et al.*, 2005) and by changing the thickness of leaf tissues, they respond according to the amount of light in the environment (CHAVARRIA *et al.*, 2012). According to Silva, J. *et al.* (2018), the increase in temperature and reduction in relative humidity can provide a lower rate of net photosynthesis, a condition that directly reflects on the stages of blossom and berry maturation.

Table 4 - Gas exchange (gs) in vine bunches of the 'Chardonnay' cultivar, in uncovered cultivation systems, covered with anti-hail screen and with plastic cover, in December, 2018/19 and 2019/20 harvests São Joaquim, SC.

Gas Exchange	Uncovered	Screen	Plastic cover	CV %
	Crop 2018/219			
A ( $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	13,5 ns	13,5	14,6	8,87
gs ( $\text{mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	0,19 ns	0,19	0,20	9,21
Ci/Ca	0,67 ns	0,68	0,66	7,50
Ci	254,9 ns	258,6	248,1	3,32
Fs	574,0 ns	545,5	585,4	8,64
Fv'/Fm'	0,52 ns	0,53	0,56	6,21
PhiPS2	0,32 ns	0,35	0,35	12,9
ETR ( $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	135,4 ns	144,4	152,7	10,5
Crop 2020/21				
A ( $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	14,5 ns	14,4	15,2	9,24
gs ( $\text{mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	0,23 ns	0,23	0,24	13,8
Ci/Ca	0,67 ns	0,67	0,67	5,32
Ci	267,1 ns	267,2	266,4	4,82
Fs	706,1 ns	703,3	700,0	28,3
Fv'/Fm'	0,52 ns	0,53	0,57	8,62
PhiPS2	0,29 ns	0,30	0,28	16,4
ETR ( $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	136,3 ns	149,3	154,4	16,2

Means followed by the same letter, in the lines, do not differ by the LSD test ( $p < 0.05$ ). A – Net carbon assimilation rate. g – Stomatal conductance. Ci/Ca – ratio between indoor and ambient CO<sub>2</sub> concentrations. Internal ci-concentration of CO<sub>2</sub>. Fs- photosystem I. Fv'/Fm'- maximum quantum yield of photosynthesis II. PhiPS2 - photosynthesis II. ETR - relative rate of electron transport. \*means followed by the same letter do not differ statistically by the LSD test (5% probability). \*CV % - coefficient of variation. Source: Prepared by the author (2022).

Chlorophyll a contents and chlorophyll a/b ratio in leaves were higher for plants under plastic cover in the 2018/19 crop year. For chlorophyll b, the highest content was obtained in plants under the anti-hail screen and the plastic cover in relation to the control group (Table 5). Plants with higher chlorophyll a/b ratios, according to Wang *et al.* (2016) and Hairmansis

*et al.* (2021), present greater disorders in chloroplasts. This condition explains the need for adaptation of cell arrangements in leaves to maintain their photosynthetic capacity. The highest levels of chlorophyll b in shaded environments is related to the evaluation of plants and their adaptation to environmental changes (Sonobe *et al.*, 2020). In the 2019/2020 and 2020/21 crop years there was no difference between treatments for all variables related to chloroplast pigments. In the years 2018/19, the highest levels of chlorophyll a, and the a/b ratio were higher for the plastic covering group, compared to the control and the anti-hail screen groups. For the contents of chlorophyll b, the values of the plastic cover and the anti-hail screen groups did not differ from each other but were higher in relation to the control group. For the carotenoids variable there was no significant difference. Kong *et al.* (2021), in a study carried out with the quality of light, temperature and photosynthesis in cherry tomatoes, observed that plants subjected to higher temperatures had higher values of chlorophyll a, b and a+b. Another work carried out by Chavarria *et al.* (2012) also showed higher levels of photosynthetic pigments in vines produced under plastic cover. According to Streit *et al.* (2005), plants subjected to high light intensities can undergo the process of photoinhibition, as a way of protecting the plant from excess light and, consequently, reducing chlorophyll levels. According to Wang *et al.* (2016), plants subjected to a higher incidence of blue light tend to reduce the production of chlorophyll in the leaves, a condition observed in Table 5, which shows that plants without any cover present greater availability of blue light and, consequently, lower production of chlorophyll. The levels of carotenoids in the leaves did not differ between treatments (Table 5).

In the 2019/20 crop, the cultivar Chardonnay presented leaf development (1), inflorescence appearance (5), blossom (6) and fruit development (7) two days earlier in the plastic cover in relation to the anti-hail screen group, and seven days earlier than the control group. In the 2018/19 harvest, fruit maturation (8) occurred early for plants under plastic cover (LORENZ, 1995)

A similar condition occurred for Alonso *et al.* (2021), with seedless grapes produced in a greenhouse. Chavarria *et al.* (2009) described the same behavior for 'Moscato Giallo' grapes under protected cultivation in Serra Gaúcha, and it accelerated the sprouting process and allowed reaching the early maturation stage, considering that the period of regulation in the blossom and fruit ripening period, favors the ripening of grapes under plastic cover in 10 to 50 days. For Salem, Gouda and Abdel-Rahman (2021), seedless grapes produced under plastic cover showed an anticipation of harvest from 17 to 22 days compared to the uncovered system.

Table 5 - Levels of photosynthetic pigments in vines in the 'Chardonnay' cultivar, in uncovered cultivation systems, covered with anti-hail screen and with plastic cover, in December, 2018/19, 2019/20 and 2020/21 harvests. Sao Joaquin, SC

Photosynthesizers Pigments	Uncovered	Screen	Plastic cover	CV%
	Crop 2018/19			
Chlorophyll a (g L <sup>-1</sup> )	2,50 c	3,14 b	3,23 a	2,02
Chlorophyll b (g L <sup>-1</sup> )	1,33 b	1,60 a	1,57 a	2,45
Chlorophyll a+b	3,83 b	4,74 a	4,80 a	1,41
a/b ratio	1,88 b	1,97 b	2,06 a	3,20
Carotenoids (g L <sup>-1</sup> )	0,55 ns	0,59	0,56	7,36
Crop 2019/20				
Chlorophyll a (g L <sup>-1</sup> )	1,93 ns	1,75	2,08	28,8
Chlorophyll b (g L <sup>-1</sup> )	1,17 ns	1,13	1,25	29,4
Chlorophyll a+b	3,09 ns	2,88	3,33	35,7
a/b ratio	1,66 ns	1,54	1,66	31,7
Carotenoids (g L <sup>-1</sup> )	0,38 ns	0,31	0,38	37,8
Crop 2019/20				
Chlorophyll a (g L <sup>-1</sup> )	1,35 ns	1,22	1,43	34,4
Chlorophyll b (g L <sup>-1</sup> )	0,81 ns	0,74	0,82	30,0
Chlorophyll a+b	2,16 ab	1,97 b	2,25 a	20,6
a/b ratio	1,66 ns	1,64	1,75	30,5
Carotenoids (g L <sup>-1</sup> )	0,29 ns	0,28	0,30	34,3

Means followed by the same letter, in the lines, do not differ statistically by the LSD test (5% probability). CV % - coefficient of variation. Source: Prepared by the author (2022).

For the phenological stages of (0)-budding, (1)-leaf development, (5)-inflorescence appearance, (6)-blossom, (7)-fruit development, in the years 2018/19 there were no differences between treatments. In the fruit maturation stage (8), the berries under plastic cover anticipated the maturation process. In the years 2019/20, the plastic cover system presented development acceleration until the stage (8) fruit maturation. For stage (9) in both crop years, plastic cover plants delayed the leaf fall process, increasing the period of permanence of the photosynthetically active leaf area, a condition that allows greater storage of photoassimilators and reserves for the next crop. This climatic phenomenon causes loss of tissue turgor, reduction in cell volume, cell dehydration and plant death (2021). Although the grapes reach the ripening point in advance under plastic cover, when compared to other systems, this condition allows greater permanence of the bunches in the field, providing better quality of the berries, due to the accumulation of sugars and phenolic compounds, conditions that are influenced by the canopy temperature (2011).

Plants under plastic cover remained for longer periods with healthy and photosynthetically active leaves, which culminated in the delay of stage 9. This condition is associated with the protection of plants through plastic cover in relation to the occurrence of diseases. Plants that are not submitted to leaf wetness present greater health of their leaves,

with less diseases, such as downy mildew of a lower severity, leading to a reduction of damage in the leaves and allowing greater permanence in the plants, (beginning of dormancy) in both agricultural seasons (Table 6). When there is no reduction in the chlorophyll content in the leaves, the photosynthetic rate does not show a drastic reduction (Wang *et al.*, 2016). According to Cardoso *et al.* (2010) and Comiran *et al.* (2012), the permanence of leaves in vines grown under plastic cover is longer than in those that were not covered. This condition can be attributed to the non-occurrence of leaf wetness and, consequently, lower incidence and severity of diseases in vine leaves (data not shown). According to Pedro Júnior *et al.* (2013), grape cultivars managed with plastic cover showed a reductio.

Table 6 - Phenological stages (days after pruning to reach each stage), and vines in the 'Chardonnay' cultivar, in uncovered cultivation systems, covered with anti-hail screen and with plastic cover, in December, 2018/19 and 2019/20. Sao Joaquin, SC.

Phenological stages	Days after pruning			CV%
	Crop 2018/ 2019			
	Uncovered	Screen	Plastic cover	
0	25 ns	28	23	24,6
1	44 ns	45	38	20,7
5	57 ns	57	55	11,2
6	79 ns	76	76	10,0
7	135 ns	130	128	6,8
8	210 a	205 a	197 b	2,2
9	225 b	221 b	240 a	2,1
Crop 2019/2020				
0	52 ns	56	52	8,7
1	81 a	81 a	72 b	6,1
5	109 a	109 a	83 b	10,6
6	140 b	138 b	125 a	4,1
7	148 b	148 b	133 a	3,6
8	199 b	207 a	196 b	5,5
9	221 b	221 b	255 a	2,0

\*(0)-budding, (1)-leaf development, (5)-inflorescence appearance, (6)-blossom, (7)-fruit development, (8)-fruit maturation, (9)-beginning of dormancy. \*Evaluations carried out only in the 2018/19 and 2019/20 harvests.

\*Means followed by the same letter do not differ statistically by the LSD test (5% probability). \*CV (%) - coefficient of variation. Source: Prepared by the author (2022).

The number of branches was not significant for the three agricultural years, respectively. The variable number of leaves presented differences in the three harvests, so that, in the three agricultural years, the highest number of leaves was estimated for plants under plastic cover, differing from the control plants and the anti-hail screen group. In the years 2018/19, the control plants showed differences in the number of leaves in relation to the plastic cover, respectively. For the fresh weight of leaves, the results showed the relationship between the number of leaves, showing superior results for the plastic cover group, when



compared to the anti-hail screen and the control groups, respectively (Table 7). To these superior variables the plastic covering can be attributed to the greater vegetative growth of the plants submitted to the plastic covering. The lower absorption of light in the UV and blue length, and higher absorption of diffused light by plants.

For the specific leaf area (AFE) variable in the 2018/19 and 2020/21 crop years, plants under plastic cover had a greater area, compared to those of the control and the anti-hail screen groups, while plants under the anti-hail screen and the control groups did not differ from each other. In the years 2019/20 there was no difference among the three treatments. The highest leaf area index is related to the vegetative variables of greater number of leaves and fresh weight of leaves, which were observed under the plastic cover. Among the factors that can change these variables are the quality of light available in the plant canopy, the higher amount of chlorophyll present in the leaves and the lower incidence of fungal diseases in the plant canopy. According to Salem, Gouda and Abdel-Rahman (2021) and Chavarria *et al.* (2009), vines under plastic cover have higher AFE.

Another factor is the quality of light on the canopy, since the greater vegetative growth under the plastic cover is related to the lower V/Vd ratio, as well as the greater availability of blue and red radiation, which falls on the canopy and favors the synthesis of pigments. photosynthetic agents (Wang *et al.*, 2016).

Table 7 - Vegetative attributes measured in December, in the 2018/19, 2019/20 and 2020/21 harvests, in uncovered systems, under screen and plastic cover in the 'Chardonnay' cultivar, in the city of São Joaquim, SC.

Vegetative attributes	Crop 2018/19			CV %
	Uncovered	Screen	Plastic cover	
Number of branches plant <sup>-1</sup>	26 ns	25	27	8,8
No. of leaves plant <sup>-1</sup>	623 b	531 c	731 a	7,9
PF of leaves plant <sup>-1</sup> (kg)	3,277 a	2,915 b	4,102 a	9,7
AFE (cm g <sup>-1</sup> )	14 b	15 b	18 a	11,0
Crop 2019/20				
Number of branches plant <sup>-1</sup>	14 ns	14	15	7,8
No. of leaves plant <sup>-1</sup>	399 b	381 b	472 a	7,3
PF of leaves plant <sup>-1</sup> (kg)	1,223 b	1,332 b	1,793 a	8,1
AFE (cm g <sup>-1</sup> )	15 ns	18	16	21,0
Crop 2020/21				
Number of branches plant <sup>-1</sup>	26 ns	25	27	8,8
No. of leaves plant <sup>-1</sup>	614 b	514 b	726 a	6,9
PF of leaves plant <sup>-1</sup> (kg)	1,948 b	1,638 b	3,139 a	15,5
AFE (cm g <sup>-1</sup> )	15 b	15 b	22 a	3,5

\*Number-number. \*PF – fresh weight. AFE – specific leaf area. Means followed by the same letter do not differ statistically by the LSD test (5% probability). CV % - coefficient of variation. Source: Prepared by the author (2022).

Plants grown under plastic cover had a higher number of clusters per plant compared to plants in an uncovered system and under an anti-hail screen, in the 2018/19 harvests (table 8). In the 2019/20 and 2020/21 crops, plants under plastic cover and anti-hail screen did not differ from each other, however, both covered environments provided a greater number of clusters per plant compared to the uncovered system.

In the three seasons of study, the weight of bunches per plant and productivity were higher in plants under plastic cover, in relation to plants under an anti-hail screen and of an uncovered system. There was no difference between the last two systems. In the 2019/20 and 2020/21 crop years, the weight of individual bunches was higher for plants in a plastic cover system compared to the other two, which showed no differences between them. However, in the 2018/19 crop year, plants under plastic cover and under anti-hail screen did not show differences between them, and there was no difference between the screen cover and uncovered system (Table 8). In the 2018/19 crop, no differences were observed for plant bunch weight between plants grown under plastic cover and under an anti-screen.

The gain in number of bunches per plant under plastic cover, compared to the uncovered system, was 28%, 17% and 50% in the 2018/19, 2019/20 and 2020/21 crops, respectively. For plants cultivated under anti-hail screens, the gains, in relation to the uncovered system, were 3%, 17%, and 29%, in the 2018/19, 2019/20 and 2020/21 harvests, respectively. As for the weight of bunches (g), plants under plastic cover, in relation to those uncovered, showed an increase of 10%, 49% and 30%, in the 2018/19, 2019/20 and 2020/21 harvests, respectively. For the anti-hail screen, gains were lower, 6%, 11% and 0.9%, compared to uncovered plants, in the 2018/19, 2019/20 and 2020/21 harvests, respectively. The results of the present work corroborate those of Pedro Júnior *et al.* (2013), who reported higher values for number of bunches, weight of bunches per plant and individual weight of bunches in plants grown under plastic cover.

These differences between the numbers of bunches can be attributed to the way of management in the pruning, conduction and thinning of bunches. This condition directly affected the productivity of the 2019/20 crop, and provided a reduction in production in the 2020/21 crop, as the physiological condition and the amount of reserve were compromised for the following year. The plastic cover provided productivity increases of 49%, 116% and 65%, compared to uncovered systems, in the 2018/19, 2019/20 and 2020/21 harvests, respectively. The anti-hail screen increased productivity by 17%, 18%, 60%, compared to the uncovered system, in the 2018/19, 2019/20 and 2020/21 harvests, respectively.

The productivity gains corroborate the results found by Azevedo *et al.* (2020) with grapes produced under plastic cover in the São Francisco River Valley, and for grapes produced in Bento Gonçalves (2020). Pedro Júnior *et al.* (2013) also observed higher yields in grapes produced under plastic cover, in summer and winter crops. These authors attributed the productivity gains to the lower incidence of diseases and lower defoliation of the plants.

Table 8 - Productive attributes of vines in the cultivar 'Chardonnay', in uncovered cultivation systems, covered with anti-hail screen and with plastic cover, in December, 2018/19, 2019/20 and 2020/21 harvests. Sao Joaquin, SC.

Productive attributes	Uncovered	Screen	Plastic cover	CV %
Crop 2018/19				
No. of plant bunches <sup>-1</sup>	31 b	32 b	43 a	11,1
Weight bunches kg plant <sup>-1</sup>	3,9 b	4,6 b	6,4 a	15,0
bunch weight (g)	130,8 b	138,2 ab	145,3 a	6,77
Productivity (Mg.ha <sup>-1</sup> )	11,221 b	13,460 b	18,482 a	15,0
Crop 2019/20				
No. of plant bunches <sup>-1</sup>	4,7 b	6,2 a	5,9 a	11,0
Weight bunches kg plant <sup>-1</sup>	0,08b	0,08b	67,3a	52,0
bunch weight (g)	83,9 b	67,2 b	128 a	16,7
Productivity (Mg.ha <sup>-1</sup> )	0,228 b	0,251 b	2,158a	56,0
Crop 2020/21				
No. of plant bunches <sup>-1</sup>	19 b	37 a	38 a	21,0
Weight bunches kg plant <sup>-1</sup>	2,1 b	0,9 b	6,1 a	34,0
bunch weight (g)	111 b	112 b	159 a	8,9
Productivity (Mg.ha <sup>-1</sup> )	6,104 b	2,441 b	17,449 a	34,2

Means followed by the same letter, in the lines, do not differ statistically by the LSD test (5% probability). CV % - coefficient of variation. Source: Prepared by the author (2022).

#### 4 CONCLUSIONS

The plastic cover is an alternative for the cultivation of vines in high altitude regions, nonetheless the solar radiation available in this kind of system is lower than in the control and in the anti-hail screen groups. The photosynthetic conditions, however, is not affected.

The use of mulch favors the selection of the light wavelength that penetrates the plant canopy, reducing the amount of UV light that damages the plant's leaf structures.

The gas exchange variables are not altered in plants due to the presence of the plastic cover and the anti-hail screen.

The levels of chlorophyll a are higher for plants under plastic cover. Its presence allows the anticipation of the bud sprouting stage, and increases the period of permanence of leaves on the plants after harvest, allowing greater accumulation of reserves for the following year.

The use of the cover favors the development of the vegetative and productive attributes of the plants, increases the productivity of the plants, favors the reduction of damages from climatic events such as frost and the occurrence of hail.

## REFERENCES

- ALONSO, F. *et al.* Heat Unit Requirements of “Flame Seedless” Table Grape: A Tool to Predict Its Harvest Period in Protected Cultivation. **Plants**, v. 10, n. 5, p. 904, 2021.
- AZEVEDO, P V. *et al.* Effect of the Plastic Cover on the Productivity and Profitability of Vineyard in the São Francisco River Valley, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 1, p. 81–88, 2020.
- BATISTA, D. S. *et al.* Light quality in plant tissue culture: does it matter?. **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, v. 54, n. 3, p. 195–215, 2018.
- BORGHEZAN, M. *et al.* Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 4, p. 398–405, 2011.
- BOSCO, L.C. *et al.* Apple production and quality when cultivated under anti-hail cover in Southern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 7, p. 773–782, 2015.
- BOSCO, L. C.; BERGAMASCHI, H.; MARODIN, G. A. B. Solar radiation effects on growth, anatomy, and physiology of apple trees in a temperate climate of Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 64, n. 11, p. 1969–1980, 2020.
- BRIGHENTI, A. F. *et al.* Comparação entre as regiões vitícolas de São Joaquim – SC, Brasil e San Michele All’adige – TN, Itália. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 281–288, 2015.
- CAMPOS, C.G.C. *et al.* Fluxos de radiação solar global em vinhedos de altitude de São Joaquim-SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 722–729, 2013.
- CARDOSO, L.S. *et al.* Alterações micrometeorológicas em vinhedos pelo uso de coberturas de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 4, p. 441–447, 2008.
- CARDOSO, L.S. *et al.* Padrões de interceptação de radiação solar em vinhedos com e sem cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 161–171, 2010.
- CHAVARRIA, G. *et al.* Anatomy, chlorophyll content and photosynthetic potential in grapevine leaves under plastic cover. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 661–668, 2012.
- CHAVARRIA, G. *et al.* Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2084–2089, 2011.
- CHAVARRIA, G. *et al.* Microclima de vinhedos sob cultivo protegido. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2029–2034, 2009.
- CHAVARRIA, G. *et al.* Caracterização fenológica e requerimento térmico da cultivar Moscato Giallo sob cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 119–126, 2009.
- CHELOTTI, M.C.; MEDEIROS, R.M.V. Cartografias da viticultura em Minas Gerais: da gênese no Sul à expansão para o Norte. **InterEspaço: Revista de Geografia e**

**Interdisciplinaridade**, v. 7, n. 20, p. 202106, 2021.

COMIRAN, F. *et al.* Microclima e produção de videiras “Niágara rosada” em cultivo orgânico sob cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 152–159, 2012.

DU, F. *et al.* Protecting grapevines from rainfall in rainy conditions reduces disease severity and enhances profitability. **Crop Protection**, v. 67, p. 261–268, 2015.

FELIPPETO, J. *et al.* Requerimento térmico e características físico-químicas de diferentes variedades de videira em São Joaquim, SC. **Agropecuária Catarinense**, v. 34, n. 1, p. 61–66, 2021.

FENG, J. *et al.* Design and Implementation of Emergy-Based Sustainability Decision Assessment System for Protected Grape Cultivation. **Sustainability**, v. 7, n. 10, p. 14002–14025, 2015.

FERRI, G.K. Projeto história e vitivinicultura: ensino inovador e desenvolvimento socioeconômico sustentável na Serra Catarinense. **Revista Gepesvida**, v. 6, n. 15, p. 12-, 2020.

HAIRMANSIS, A. *et al.* Development of Shading Tolerant Rice Varieties Suitable for Intercropping Cultivation in Agroforestry Systems. **E3S Web of Conferences**, v. 305, p. 07001, 2021.

HAWERROTH, F. J.; NACHTIGALL, G. R. **Condições meteorológicas de outono e inverno e suas influências na safra de maçã 2016/17 na região de Vacaria, RS**. Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, 2016. *E-book*.

HOLCMAN, E. *et al.* Yield and quality of grapes cultivated under plastic coverings with different downy mildew control strategies. **Journal of Phytopathology**, v. 167, n. 3, p. 185–195, 2019.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

KONG, L. *et al.* Interactive regulation of light quality and temperature on cherry tomato growth and photosynthesis. **Environmental and Experimental Botany**, v. 182, p. 104326, 2021.

KOPPEN, W. Die Wärmezonen der Erde, nach der Dauer der heissen, gemässigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt betrachtet. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 1, p. 215–226, 1884.

LEE, S. H. *et al.* Vine microclimate and norisoprenoid concentration in Cabernet. **Journal Cleaner Production**, v. 111, p. 172–180, 2016.

LEITÃO, M.M.V.B.R. *et al.* Influence of Plastic Covering on the Microclimate in Vineyards in the São Francisco River Valley Region. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 3, p. 399–407, 2017.

LORENZ, D.H. *et al.* Growth Stages of the Grapevine: Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*)—Codes and descriptions according to the extended

BBCH scale. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 1, n. 2, p. 100–103, 1995.

MARANHÃO, K.R. *et al.* Influência do déficit hídrico nas características da ecofisiologia de videiras cv. Brs Violeta e Pinot Noir. **Revista PesquisAgro**, v. 3, n. 1, p. 52–64, 2020.

MARCON FILHO, J.L. *et al.* Raleio de cachos sobre o potencial enológico da uva “Cabernet Franc” em duas safras. **Ciência Rural**, v. 45, n. 12, p. 2150–2156, 2015.

MENG, J.F. *et al.* Effect of rain-shelter cultivation of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Gernischt on the phenolic profile of berry skins and the incidence of grape diseases. **Molecules**, v. 18, n. 1, p. 381–397, 2012.

MOTA, C.S. *et al.* Disponibilidade hídrica, radiação solar e fotossíntese em videiras “Cabernet Sauvignon” sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 432–439, 2009.

OIV, THE INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE (OIV). State Of The Vitiviniculture World Market – april 2019. Disponível em: <<http://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/statistical-analysis/state-of-vitiviniculture>>. Acesso em: 12 ago. 2021.

OLIVEIRA, J.B. *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**, v. 121, p. 870–879, 2019.

PALMA, L. *et al.* Vineyard protection with rain-shelter: relationships between radiometric properties of plastic covers and table grape quality. **BIO Web of Conferences**, v. 13, p. 1–6, 2019.

PEDRO JÚNIOR, M.J. *et al.* Microclima, produção e composição do mosto da ‘Syrah’ cultivada sob cobertura de plástico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 3, 2019.

PEDRO JÚNIOR, M.J. *et al.* Microclima em vinhedos de “Niagara rosada” em diferentes sistemas de condução durante safras de inverno e de verão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 151–158, 2013.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; HERNANDES, J.L.. Doenças fúngicas em videiras cultivadas a céu aberto e sob cobertura impermeável. **Summa Phytopathologica**, v. 46, n. 2, p. 155–160, 2020.

REIS, L.S. *et al.* Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 739–744, 2012.

SALEM, E.H.; GOUDA, F.E.M.; ABDEL-RAHMAN, M.M.A. Effect of plastic covering and potassium fertilization source on growth and fruiting of flame seedless grapevines. **SVU-International Journal of Agricultural Sciences**, v. 3, n. 2, p. 89–100, 2021.

SAMPAIO, G.C. **Capital social e ações conjuntas: um estudo de caso no arranjo produtivo local de vinhos de altitude catarinense**. 2016. Dissertação (Mestrado em

Desenvolvimento Regional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

SANTOS, H P *et al.* Qualidade da uva “Cabernet Sauvignon” submetida ao raleio de cachos no sistema de condução latada. **Revista De Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 2, p. 160–168, 2010.

SILVA, J.R. *et al.* Deficit irrigation and transparent plastic covers can save water and improve grapevine cultivation in the tropics. **Agricultural Water Management**, v. 202, p. 66–80, 2018.

SILVA, T.R.G. *et al.* Fatores abióticos no crescimento e florescimento das plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e19710413817, 2021.

SILVA, L.C. *et al.* Maturação tecnológica e qualidade da uva ‘Itália’ em cultivo protegido sob distintos manejos hídricos. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 252–259, 2015.

SONG, J. *et al.* Effect of grape bunch sunlight exposure and UV radiation on phenolics and volatile composition of *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir wine. **Food Chemistry**, v. 173, p. 424–431, 2015.

SOUSA NETO, J.A. **O vinho no gerúndio**. 2. ed. Belo horizonte: Gutenberg, 2006.

SOUZA, C.R. *et al.* Physiological and agronomical responses of Syrah grapevine under protected cultivation. **Bragantia**, v. 74, n. 3, p. 270–278, 2015.

STREIT, N.M. *et al.* As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748–755, 2005.

SUI, X. *et al.* Effect of Low Light on the Characteristics of Photosynthesis and Chlorophyll a Fluorescence During Leaf Development of Sweet Pepper. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 11, n. 10, p. 1633–1643, 2012.

TAFOYA, F.A. *et al.* Sunlight transmitted by colored shade nets on photosynthesis and yield of cucumber. **Ciência Rural**, v. 48, n. 9, p. e20170829, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2015.

WANG, S. *et al.* Red and Blue Lights Significantly Affect Photosynthetic Properties and Ultrastructure of Mesophyll Cells in Senescing Grape Leaves. **Horticultural Plant Journal**, v. 2, n. 2, p. 82–90, 2016.

XING, R.R. *et al.* Accumulation Pattern of Flavonoids in Cabernet Sauvignon Grapes Grown in a Low-Latitude and High-Altitude Region. **South African Journal for Enology and Viticulture**, v. 36, n. 1, p. 32–43, 2015.



## **Capítulo 2 - Qualidade físico-química de uvas cultivar Chardonnay produzidas em pleno sol, sob tela antigranizo e cobertura plástica em região de altitude**

Physicochemical quality of 'Chardonnay' grape berries grown in full sun, under anti-hail screen and plastic cover in an altitude region

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do cultivo em ambiente protegido sobre a qualidade físico-químicas de uvas 'Chardonnay' produzidas em região de altitude. Os tratamentos foram cultivo a pleno sol, sob tela antigranizo e cobertura plástica. O experimento foi realizado nos ciclos 2018/19, 2019/20 e 2020/21 com a cultivar 'Chardonnay', na Vinicola Monte Agudo, localizada em São Joaquim, SC, a 1.264 m de altitude, com coordenadas geográficas 28°14'54 ' S e 49°47'52"W. A vinha está implantada há 11 anos (2007 a 2018), sobre o porta-enxerto Paulsen 1103. O sistema de condução é "Y", com espaçamento de 2,90 m entre linhas e 1,30 m entre plantas, obtendo-se uma densidade de 2.870 plantas por hectare. Foram avaliados massa fresca de casca, polpa, peso total de bagas, relação casca/polpa sólidos solúveis (SS), pH das bagas, compostos fenólicos e atividade antioxidante. Para a variável massa fresca de casca não houve diferença entre os tratamentos no ano de 2018/19 e 2020/21; para o ano de 2019/20 houve diferença entre as três formas de cultivo, sendo o resultado superior observado à pleno sol. Para a variável massa fresca de polpa no ano de 2020/21 não houve diferença entre os tratamentos; já nos anos 2018/19 o cultivo a pleno sol e a cobertura plástica apresentaram melhores resultados; no ano de 2019/20 a cobertura plástica apresentou melhor resultado. A massa total foi superior no ano de 2019/20 sob cobertura plástica, não apresentando diferenças nos outros anos. Para a relação casca/polpa as bagas a pleno sol apresentaram melhores resultados nos três anos agrícolas. Os teores de sólidos solúveis (SS) e pH foram superiores nos três anos para as uvas sob cobertura plástica. No ano agrícola de 2019/20 e 2020/21 não foram significativos os teores de ABTS e compostos fenólicos na casca, respectivamente. Os teores de DPPH e ABTS foram superiores na casca em sistema a pleno sol e sob tela antigranizo, quando comparados a cobertura plástica nos anos agrícolas de 2018/19, e sob tela antigranizo nos anos 2019/20 e 2020/21. Os teores de DPPH e ABTS no fruto foram superiores em bagas conduzidas a pleno sol e sob tela antigranizo comparado ao sistema de cobertura plástica nos anos agrícolas de 2019/20 e 2020/21. Para os compostos fenólicos presentes na casca e no fruto os teores foram superiores em bagas conduzidas a pleno sol e sob tela antigranizo, quando comparada a cobertura plástica. Conclui-se que uso de cobertura plástica em uvas destinadas a produção de vinhos 'Chardonnay' proporciona

maior teor de sólidos solúveis nas bagas, bem como maior massa fresca de polpa e pH nas bagas. A atividade antioxidante e o conteúdo de compostos fenólicos foram superiores para casca e polpa em bagas produzidas em pleno sol e tela antigranizo.

**Palavras chaves** – antioxidantes, compostos fenólicos, terroir, cultivo protegido, viticultura.

Abstract - The objective of this work was to evaluate the effect of cultivation in a protected environment on the physicochemical quality of 'Chardonnay' grapes produced in an altitude region. The treatments were plants in full sun, under hail net and plastic cover. The experiment was carried out in the 2018/19, 2019/20 and 2020/21 cycles with the cultivar 'Chardonnay', at Vinicola Monte Agudo, located in São Joaquim, SC, at 1,264 m altitude, with geographic coordinates 28°14'54 '' S and 49°47'52''W. The vineyard has been planted for 11 years (2007 to 2018), on the Paulsen 1103 rootstock. The management system is “Y”, with a spacing of 2.90 m between rows and 1.30 m between plants, resulting a density of 2,870 plants per hectare. Peel fresh mass, pulp, total berry weight, soluble solids (SS) peel/pulp ratio, berry pH, phenolic compounds and antioxidant activity were evaluated. For the variable peel fresh mass, there was no difference between the treatments in 2018/19 and 2020/21; for the year 2019/20 the system in full sun showed a difference. For the pulp fresh mass variable in the years 2019/20 and 2020/21 there were differences for full sun, while in the year 2018/19 the plastic cover showed better results. The total mass was higher in the year 2019/20 under plastic cover, showing no differences in the other years. For the peel/pulp ratio, the berries in full sun showed better results in the three growing seasons. The contents of soluble solids (SS) and pH were higher in the three years for grapes under plastic cover. In the 2019/20 crop year, ABTS levels in the skin were not significant, and in the 2020/21 crop year there was no difference for phenolic compounds in the grape skins. The DPPH and ABTS contents were higher in the bark in full sun system and under hail net, when compared to plastic cover in the 2018/19 crop years, and under hail net in the years 2019/20 and 2020/21. The DPPH and ABTS contents in the fruit were higher in berries grown in full sun and under hail net compared to the plastic cover system in the 2019/20 and 2020/21 crop years. For the phenolic compounds present in the skin and in the fruit, the contents were higher in berries grown in full sun, when compared to anti-hail screen and plastic cover.

**Keywords** – antioxidants, phenolic compounds, terroir, altitude wines, protected cultivation.

## 1 INTRODUÇÃO

A viticultura em regiões de altitude como na serra Catarinense, encontra-se em reconfiguração econômica e ambiental com a implantação de vinhedos (FERRI, 2020). A essa nova perspectiva de cultivo de uvas, pode-se atribuir maior produção, com foco na produção de vinhos de qualidade na Serra Catarinense, permitindo a diversificação do cultivo, comercialização e o consumo da bebida (LOSSO; PEREIRA, 2014).

As regiões caracterizadas por altitude acima de 1.000 m proporcionam clima favorável as vinhas, condições que permitem adaptações a esses climas (NODARI; FRANK, 2019), favoráveis a produção de vinhos característicos (SAMPAIO, 2016), com conceito distinto de qualidade e ‘*terroir*’ diferenciado.

A Serra Catarinense apresenta algumas condições particulares para a produção de uvas viníferas, (MARCON FILHO *et al.*, 2015) essas condições podem dificultar o processo de produção. A região de São Joaquim, foco de estudo nesta pesquisa, apresenta altas precipitações pluviométricas, elevada umidade relativa, frio intenso e tardio, ocorrência de geadas após a superação da dormência, baixa luminosidade e atraso no ciclo fenológico da cultura (BORGHEZAN *et al.*, 2011), condições que resultam em colheita tardia, processo mais longo de maturação das uvas e aumento na incidência e severidade de doenças nas bagas (BORGHEZAN *et al.*, 2011; CHAVARRIA *et al.*, 2011; CHAVARRIA; SANTOS, 2009; SARTOR *et al.*, 2017).

Devido as essas adversidades de cultivo de vinhas em região de altitude, a necessidade da busca por tecnologias e estratégias de cultivo é fundamental para o sucesso da atividade (FORMOLO *et al.*, 2011). O uso de cobertura plástica é uma técnica relativamente recente em Santa Catarina, que pode amenizar as adversidades e entraves na produção. Embora seja amplamente utilizada em estados como Rio Grande do Sul, Paraná e outras regiões do Brasil, na Serra Catarinense o uso ainda é restrito. A qualidade pós-colheita da uva produzida nesta região, especialmente sob cultivo protegido, ainda é alvo de estudo com intuito de avaliar o impacto desta tecnologia sobre a qualidade e o diferencial dos vinhos produzidos.

O uso de cobertura plástica apresenta diversas vantagens em superar as condições adversas de cultivo, proporcionadas pelas chuvas intensas na época de colheita, pois reduz a severidade de doenças, o uso de produtos químicos e proporciona melhorias na qualidade dos frutos, aumenta o teor de sólidos solúveis, melhora o pH e reduz a acidez nas bagas, não alterando o índice de polifenóis, e permite alcançar benefícios econômicos satisfatório (DU *et*

*al.*, 2015), condição que permite estratégia econômica interessante para adiantar a colheita (MARTINS *et al.*, 2019), permitindo melhor sanidade e qualidade enológica (BRIGHENTI *et al.*, 2015).

A uva destinada a produção de vinhos é altamente dependente de açúcares, ácidos e polifenóis (MARCON FILHO *et al.*, 2015) e, as condições microclimáticas, estágio de maturação e as variedades, irão influenciar na quantidade de compostos fenólicos e antocianinas nas bagas (KATO; TONHI; CLEMENTE, 2012). Xing *et al.* (2015) descreveram que as cultivares de uvas destinadas a produção de vinhos em região de altitude na China, apresentaram acúmulo de flavonoides e antocianinas, que proporcionaram pigmentação as bagas; sabor e adstringência aos vinhos, além de permitir a melhora dos atributos químicos das bagas, pois estas desenvolvem características específicas, permitindo sabor modificado na qualidade do vinho e, produção de compostos aromáticos varietais, a exemplo dos monoterpenos (GAO *et al.*, 2016; LEE *et al.*, 2016; LI; SUN, 2019).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade físico-químicas das bagas produzidas a pleno sol, sob tela antigranizo e cobertura plástica em região de altitude na Serra Catarinense.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado nos ciclos 2018/19, 2019/20 e 2020/21 com a cultivar 'Chardonnay', na Vinicola Monte Agudo, localizada em São Joaquim, SC, a 1.264 m de altitude, com coordenadas geográficas 28°14'54 " 'S e 49°47'52"W. A vinha está implantada há 11 anos (2007 a 2018), sobre o porta-enxerto Paulsen 1103. O sistema de condução é “Y”, com espaçamento de 2,90 m entre linhas e 1,30 m entre plantas, obtendo-se uma densidade de 2.870 plantas por hectare.

Os tratamentos avaliados foram a testemunha (sem uso de cobertura), com tela antigranizo e cobertura plástica.

O material utilizado na cobertura foi lona plástica trançada de polietileno transparente (160 µm de espessura), impermeabilizada no primeiro ano (2018) de uso no vinhedo. Após a colheita das uvas, o material (encerado plástico) foi retirado, para aumentar a durabilidade, e substituído imediatamente após a poda no próximo ciclo agrícola (permitindo durabilidade de até 20 anos). A cobertura plástica foi disposta ao longo da linha de plantio, seguindo orientação norte-sul, assentada sobre arames metálicos e estes sobre arcos de aço (túneis com altura de 1,30 m da planta ao plástico e 3 m de largura), fixados na estrutura do sistema “Y”.

A tela antigranizo branca, com abertura de malha de 4 mm x 7 mm, fixada na mesma disposição, assentada na mesma estrutura metálica utilizada para o plástico, em fios metálicos e estes em arcos de aço (túneis com altura de 1,30 m da planta ao plástico e 3 m de largura), fixado na estrutura do sistema “Y” (colocado apenas para fins experimentais).

A massa fresca, diâmetro e comprimento das bagas foram avaliados em 10 bagas de cada cacho. A massa fresca dos cachos e das bagas foi quantificada em balança analítica. O diâmetro da baga foi obtido utilizando paquímetro e o comprimento das bagas obtido com auxílio de régua graduada.

A acidez titulável foi avaliada em uma amostra de 5 mL de suco, que foi diluído em 45 mL de água destilada e titulada, com titulador automático (TitroLine® easy, SI Analytics, Alemanha) com solução de NaOH 0,1N até pH 8,1.

Os SS (°Brix) foram determinados em um refratômetro digital (modelo PR201α, Atago®, Japão), utilizando suco extraído das bagas.

Os extratos para a análise dos compostos bioativos foram obtidos utilizando 5 g da amostra (casca ou polpa), foram utilizadas 100 bagas por repetição, homogeneizada com 10 mL de metanol 50%. O homogenato foi colocado em repouso por 60 min à temperatura ambiente e em seguida centrifugado em centrífuga refrigerada (4 °C) por 15 min a 10000 rpm. O sobrenadante foi filtrado em balão volumétrico de 25 mL. A partir do resíduo da primeira extração foi adicionado 10 mL de acetona 70%, homogeneizado e colocado em repouso por 60 min à temperatura ambiente. Foi centrifugado novamente por 15 minutos a 10000 rpm. O sobrenadante foi transferido para o balão volumétrico (contendo o primeiro sobrenadante), sendo completado o volume para 25 mL com água destilada. Os extratos foram reservados para análise de compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante total (AAT, métodos DPPH e ABTS).

A análise da atividade antioxidante avaliada pelo método DPPH foi baseada na metodologia de Blois (1958) e Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), que tem por base a redução do radical estável DPPH pelos antioxidantes com mudança de coloração violeta para amarela, proporcional à concentração da substância redutora da amostra, observando desta forma uma diminuição da absorbância o que permite calcular após o estabelecimento do equilíbrio da reação a quantidade de antioxidante necessária para reduzir 50% do radical DPPH. Com base em testes preliminares, nas amostras, a uma fração de 3 mL de cada extrato foi adicionado 320µL de DPPH a 0,87 mM, concentração necessária para a leitura da absorbância ser entre 0,9 e 1. As amostras então permaneceram em abrigo da luz por 30 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro UV (Thermocientific Evolution 60) a

517 nm. Como controle positivo foi utilizado butilhidroxitolueno (BHT), como controle negativo foi utilizado 3 mL de metanol e 320 µL de DPPH e como branco foi utilizado a própria amostra em cada concentração analisada sem adição de DPPH.

A atividade sequestrante de radicais (%ASR) em porcentagem foi calculada através da fórmula:

$$\%ASR = \frac{(\text{Abs. controle negativo} - \text{Abs. controle amostra})}{\text{Abs. controle negativo}} \times 100$$

Com os valores obtidos foi construído gráfico de %ASR x concentração em µg/mL. Para o cálculo do IC50 foi utilizada a equação da reta, substituindo o valor de y por 50 para obtenção da concentração da amostra com capacidade de reduzir 50% do DPPH.

O método ABTS foi analisado conforme descrito por Rufino *et al.* (2007), com adaptações. O radical ABTS foi formado pela solução ABTS\* 7mM com a solução persulfato de potássio 140 mM, deixado em temperatura a 25 °C por 16 horas, então o radical foi diluído em etanol P.A até a absorbância de 0,7 a 734 nm. Os extratos da casca e polpa foram diluídos em triplicatas. Em ambiente escuro, transferiu-se uma alíquota de 30 µL dos extratos para tubos de ensaios e adicionado 3,0 mL do radical ABTS, a leitura foi realizada 6 minutos após o início da reação. Para a curva de referência foi utilizado o Trolox, o resultado da atividade antioxidante foi expresso em µM trolox/g.

A determinação do teor de compostos fenólicos totais foi realizada empregando o reagente de Folin-Ciocalteu, conforme descrito por. Inicialmente foi preparada a solução de ácido gálico, utilizando 10 mg de ácido gálico em 100 mL de metanol P.A. Em seguida, preparada a solução de carbonato de sódio, para a qual foi usada 10 g do reagente e feita a diluição em água destilada em balão de 100 mL. A solução Folin-Ciocalteu foi diluída na proporção de 1:3 (Folin-Ciocalteu:água destilada). Para a obtenção da curva padrão do ácido gálico, foi pipetado em tubos de ensaio diferentes alíquotas de metanol e da solução de ácido gálico, para obtenção das concentrações de 0, 10, 30, 50, 70, 90 e 100 µL L<sup>-1</sup>. Para a análise foram adicionados em cada tubo, na ordem, 2,5 mL de Folin-Ciocalteu, 0,5 mL de amostra e 2,0 mL da solução de carbonato de sódio 10%. Para o branco, foram utilizados os mesmos reagentes citados anteriormente e 0,5 mL de metanol, substituindo a amostra. Os tubos foram agitados em vórtex, vedados com filme plástico de parafina e em seguida incubados por uma hora ao abrigo da luz. As amostras foram centrifugadas e a leitura realizada em leitora de microplacas no comprimento de onda de 765 nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g de massa fresca (mg EAG 100 g<sup>-1</sup> MF).

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições, cada repetição representada por duas plantas. Os dados qualitativos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ). Em etapa anterior a análise estatística os dados em porcentagem foram transformados pela fórmula  $\text{arc sen}(x/100)^{1/2}$ . As análises estatísticas foram executadas pelo programa Sisvar, versão 5.6 (FERREIRA, 2010).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram analisadas as características das bagas sendo, massa fresca de casca, massa fresca de polpa, peso total das bagas e relação casca/polpa.

Para as variáveis massa fresca de casca e polpa, na safra 2018/19 e para todas as variáveis analisadas, com exceção da relação casca/polpa na safra 2020/21, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos com cultivo à pleno sol, com tela e com cobertura plástica. Ainda na safra 2018/19 maiores valores de massa fresca de polpa foram observados nos ambientes descoberto (pleno sol) e com cobertura plástica, não diferindo entre si, seguido da tela, a qual apresentou menor valor (Tabela 1).

Tabela 1 - Massa fresca de casca, polpa, massa fresca total e relação casca/polpa de bagas de uvas ‘Chardonnay’ produzidas em pleno sol e cultivo protegido com tela e cobertura plástica, São Joaquim, SC, nas safras de 2018/19, 2019/20 e 2020/21.

Massa fresca de bagas (g baga <sup>-1</sup> )	Safra 2018/19			CV%
	Descoberto	Tela	Cob. Plástica	
Casca	4,6ns	4,5	4,4	6,2%
Polpa	8,7a	7,8b	8,8a	5,7%
Peso total	13ns	12	13	5,5%
Rel. casca/polpa	0,53b	0,58a	0,50b	4,9%
Safra 2019/20				
Casca	8,2a	3,6c	5,0b	11,4%
Polpa	11,9a	8,0c	9,6b	4,8%
Peso total	13b	12b	15a	3,3%
Rel. casca/polpa	0,68a	0,46b	0,52b	19,0%
Safra 2020/21				
Casca	6,6ns	6,4	6,8	8,1%
Polpa	10,8ns	11,8	11,3	6,8%
Peso total	20ns	20	20	9,8%
Rel. casca/polpa	0,61a	0,55b	0,60a	4,9%

Médias seguidas da mesma letra na linha diferem entre si pelo teste LSD à 5% de probabilidade. Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Principais diferenças entre os tratamentos foram observadas na safra 2019/20, na qual maior massa fresca de casca, polpa e relação casca/polpa, foram observadas em ambiente descoberto, seguido da cobertura plástica e tela, sendo a diferença estatística entre as três, significativa (Tabela 1).

Essa maior massa fresca da casca, pode ser explicada pelo fato desse atributo estar relacionado a maior incidência de luz nas bagas sem cobertura. Essa condição faz com que a uva desenvolva a espessura da casca, como uma forma de proteção aos raios solares, proporcionando uma proteção extra a degradação dos compostos bioativos da baga. Segundo Tarricone *et al.* (2020) a firmeza da baga de uva é influenciada pelo potencial genético e pela condição do ambiente a que as bagas estão submetidas.

A maior massa fresca de polpa foi observada em ambiente descoberto na safra 2019/20. No entanto, essa mesma variável na safra 2018/19, não diferiu estatisticamente entre os ambientes descoberto e com cobertura plástica, nos quais foram observados maiores valores (Tabela 1).

A relação casca/polpa apresentou resultados distintos entre os tratamentos para cada safra. Assim, na safra 2018/19 essa relação foi maior quando utilizada a cobertura de tela, diferindo estatisticamente das demais coberturas, as quais não apresentaram diferença entre si. Já na safra 2019/20, maior resultado foi observado quando o cultivo foi realizado à pleno sol. Por fim, na safra 2020/21 maiores resultados foram observados no cultivo à pleno sol e com cobertura plástica, os quais foram estatisticamente iguais (Tabela 1).

Maiores valores da relação casca/polpa evidenciam um maior potencial para extração de polifenóis durante a maceração (ORLANDO *et al.*, 2008). Além disso, menores valores dessa relação promovem a compactação dos cachos, o que é prejudicial à qualidade enológica da uva (SANTOS *et al.*, 2010).

Os teores de SS foram superiores em bagas sob cultivo com cobertura plástica, nos três anos agrícolas (2018/19, 2019/20, 2020/21), comparado aos cultivos em pleno sol e sob tela antigranizo (Tabela 2). Os resultados do presente trabalho corroboram os de Pedro Júnior *et al.* (2019), que encontraram maiores valores de SS em bagas da variedade 'Syrah' sob cultivo protegido, comparado ao pleno sol.



Tabela 2 - Teor de sólidos solúveis e pH de uvas Chardonnay produzidas em pleno sol e cultivo protegido com tela e cobertura plástica, São Joaquim, SC, nas safras de 2018/19, 2019/20 e 2020/21

Atributo	Safr 2018/19			CV%
	Descoberto	Tela	Cob. Plástica	
SS (°Brix)	20,9b	20,3c	21,6a	1,6%
pH	2,9b	3,0b	3,4a	4,2%
Safr 2019/20				
SS (°Brix)	15,0b	15,2b	20,9a	1,5%
pH	3,1b	3,1b	3,3a	0,6%
Safr 2020/21				
SS (°Brix)	17,6b	17,7b	21,7a	1,6%
Ph	3,1b	3,2b	3,3a	3,5%

Médias seguidas da mesma letra na linha diferem entre si pelo teste LSD à 5% de probabilidade.

\*SS – Sólido solúveis totais; pH inicial. Fonte: Elaborada pela autora (2022).

O aumento nos SS para o cultivo protegido pode ser explicado em função das condições meteorológicas, considerando o aumento das chuvas na época da colheita. Segundo Luciano *et al.* (2013), o acúmulo de SS nas bagas em decorrência do cultivo protegido ocorre pela menor disponibilidade de água na região próximo a planta, assim o crescimento vegetativo e o consumo de carboidratos pela parte aérea são menores, e a quantidade de carboidratos disponíveis para as bagas é maior (LEBON *et al.*, 2006).

Esses níveis de luz favoreceram a fotossíntese que leva ao aumento da produção de biomassa, o que geralmente implica em uma maior área de floema (BARZEGARGOLCHINI *et al.*, 2017; NAZ *et al.*, 2018) e; conseqüentemente, um transporte mais eficiente, e maior capacidade de reserva de assimilados para posterior utilização no recheio dos frutos (MURCIA *et al.*, 2016).

Além disso, um dos fatores que afetam o teor de sólidos solúveis é o clima do local de cultivo. Assim, a cobertura plástica propicia um ambiente com temperaturas mais elevadas, o que facilita a antecipação da brotação e do desenvolvimento das plantas, proporcionando aumento adiantado dos níveis de SS, quando feita a comparação com a área descoberta (CHAVARRIA *et al.*, 2010).

O pH inicial foi superior nos três anos agrícolas para as bagas sob cobertura plástica, respectivamente (Tabela 2).

A acidez dada pelo pH está relacionada a quantidade de ácido tartárico e málico presentes nas bagas, assim à medida em que ocorre o processo de maturação, ocorre a degradação dos ácidos para que participem dos processos respiratórios, alta demanda energética e a diluição do mosto pela entrada de água (YAMAMOTO *et al.*, 2011). Segundo Bringhenti *et al.* (2013), o aumento da acidez está relacionado ao fato de regiões de altitudes

apresentarem clima frio, tornando a degradação dos ácidos mais lenta e, como consequência, a acidez titulável apresenta valores mais elevados.

No entanto, vale ressaltar que, o pH ótimo para a produção de vinhos de qualidade é 3,2, pois permite melhor equilíbrio da fermentação malolática e melhor desempenho da atividade biológica para coloração, proporcionando assim ganhos em sabor (BRIGHENTI *et al.*, 2014). Assim, valores iguais ou próximos de 3,2 foram observados quando foi realizado o cultivo à pleno sol ou com tela antigranizo.

Todos os teores de antioxidantes avaliados foram superiores na casca em sistema a pleno sol e sob tela antigranizo, quando comparados a cobertura plástica nos anos agrícolas de 2018/19. Nos anos agrícolas 2019/20 e 2020/21, essa mesma superioridade foi observada sob tela antigranizo, com exceção do ABTS o qual não teve diferença estatística entre as coberturas na safra 2019/20 (Tabela 3).

Tabela 3 - Atividade antioxidante e conteúdo de compostos fenólicos totais na casca e polpa de bagas de uvas Chardonnay produzidas em pleno sol e cultivo protegido com tela e cobertura plástica, São Joaquim, SC, nas safras de 2018/19, 2019/20 e 2020/21.

Teores de antioxidantes/ Compostos fenólicos ( $\mu\text{Mol trolox}/100 \text{ g}/\text{mgEAG } 100\text{g}^{-1}$ )		Safra 2018/19			CV%
		Descoberto	Tela	Cob. plástica	
DPPH	Casca	3915,9a	3879,5a	3665,6b	1,8%
ABTS		3938,3a	4177,4a	2696,1b	17%
Fenólicos		265,4a	249,7a	191,8b	15%
DPPH	Polpa	10114,6ns	10036,6	9896,7	29%
ABTS		1818,3ns	1764,0	1689,4	30%
Fenólicos		519,6ns	357,9	484,3	39%
Safra 2019/20					
DPPH	Casca	2835,9b	3430,5a	2587,9b	9,7%
ABTS		3358,0ns	3483,2	3136,1	20%
Fenólicos		322,6a	281,4b	191,9c	8,3%
DPPH	Polpa	8190,9ab	8673,1a	7516,7b	4,9%
ABTS		1100,8b	1675,7a	1064,2b	21%
Fenólicos		395,4a	332,5ab	289,0b	14%
Safra 2020/21					
DPPH	Casca	6881,7b	7630,4a	6360,1c	4,0%
ABTS		4636,3b	7159,4a	3597,3b	21%
Fenólicos		315,1ns	394,2	317,1	37%
DPPH	Polpa	9244,8a	8787,0b	9124,1b	1,9%
ABTS		1318,6a	1112,4b	963,2c	4,0%
Fenólicos		658,0a	594,8b	584,5b	4,1%

Médias seguidas da mesma letra na linha diferem entre si pelo teste LSD à 5% de probabilidade.

\*SS – Sólido solúveis totais; pH inicial. Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Na polpa, os teores de antioxidantes não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos no ano agrícola de 2018/19. No ano agrícola de 2019/20, o

DHHP foi superior quando ocorreu o cultivo sob tela, no entanto este não diferiu estatisticamente do cultivo à pleno sol. Já o ABTS foi estatisticamente superior no cultivo sob tela, quando comparado aos demais tratamentos. Na safra 2020/21 todos os teores de antioxidantes testados foram estatisticamente superiores no cultivo à pleno sol, quando comparado às diferentes coberturas (Tabela 3).

Segundo Šebela *et al.* (2017) os perfis de antioxidantes nas bagas de uvas são favorecidos pela maior incidência de luz em bagas a pleno sol, quando comparados as bagas com redução na incidência solar. Segundo o autor supracitado, as concentrações vão se alterando de acordo como desenvolvimento e as condições do ambiente, ou seja, plantas que estão sujeitas as variações climáticas de disponibilidade de água, luz e temperatura, podem ter a sua concentração de compostos nas bagas afetadas. Essas alterações nos compostos fenólicos devido às condições não controladas à pleno sol, podem levar a uma instabilidade no padrão de qualidade do vinho produzido

Os teores de compostos fenólicos, presentes na casca da cultivar Chardonnay foram superiores no cultivo à pleno sol e tela antigranizo no ano de 2018/19. Já no ano de 2019/20 maiores valores foram observados à pleno sol, valores intermediários sob tela antigranizo e menores valores sob cobertura plástica, mostrando diferenças estatísticas significativas entre os três tratamentos. Para o ano de 2020/21 diferenças estatísticas significativas não foram observadas.

Na polpa, para os teores de compostos fenólicos, não houve diferença estatística significativa entre as coberturas, no ano de 2018/19. Na safra 2019/20 maiores valores foram observados no cultivo à pleno sol, no entanto, este, não diferiu estatisticamente do cultivo sob tela antigranizo. No ano de 2020/21 valores estatisticamente superiores foram observados no cultivo descoberto, quando comparados às demais coberturas (Tabela 3).

No ano de 2018/19 não houve diferenças significativas, respectivamente. Essa condição pode estar associada a maior incidência de luz nas bagas, condição que faz com que acelere o processo de produção dos compostos (Tabela 3).

Meng *et al.* (2017) observaram, em experimento realizado com coberturas plásticas de diferentes colorações e sem cobertura plástica, que uvas cultivadas a pleno sol, apresentavam maiores teores de compostos fenólicos. Segundo os mesmos autores, esse resultado pode ser atribuído a maior radiação solar incidente sobre os frutos produzidos em plantas que não estão sob cobertura plástica, permitindo maior acúmulo de compostos fenólicos nas bagas.

## 4 CONCLUSÕES

O uso de cobertura plástica em uvas destinadas a produção de vinhos ‘Chardonnay’ proporciona maior teor de sólidos solúveis nas bagas, bem como maior massa fresca de polpa e pH nas bagas.

A atividade antioxidante e o conteúdo de compostos fenólicos foram superiores para casca e polpa em bagas produzidas em pleno sol e tela antigranizo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No uso de tela antigranizo ou sob cultivo à pleno sol, as características como teores de antioxidantes e compostos fenólicos, apresentaram melhores resultados.

Esses resultados observados para os dois tipos de cultivo citados devem-se, provavelmente, a semelhança entre às condições climáticas proporcionadas por eles, isso porque apesar da tela antigranizo reduzir a incidência de raios solares, esta não é suficiente para interferir nos processos fotossintéticos das plantas, como pode ocorrer com a utilização da cobertura plástica.

Já o uso de cobertura plástica mostrou melhores resultados para as características, massa fresca de casca, polpa, relação casca/polpa, teor de sólidos solúveis e pH ótimo para a produção de vinho.

Assim, o uso de cobertura plástica se mostra uma alternativa viável como insumo em área de vinhedos em região de altitude, sendo um dos principais benefícios o eficiente controle de danos ocasionados pela ocorrência de granizo ou geadas tardias.

Apesar dos custos de produção aumentados devido a implementação da tela antigranizo ou da cobertura plástica, é possível verificar que em anos em que há interferência climática as perdas de produtividade são maiores, quando comparadas ao cultivo protegido (Apêndice A).

Foram simuladas três situações distintas considerando-se um ano sem interferência climática, outro com interferência climática e outro após a interferência climática

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARZEGARGOLCHINI, B. *et al.* Morphological and anatomical changes in stems of *Aeluropus littoralis* under salt stress. **Journal of Plant Molecular Breeding**, v. 5, n. 1, p. 40–48, 2017.
- BLOIS, M. S. Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. **Nature**, v. 181, n. 4617, p. 1199–1200, 1958.
- BORGHEZAN, M. *et al.* Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 4, p. 398–405, 2011.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995.
- BRIGHENTI, A.F. *et al.* Caracterização fenológica e exigência térmica de diferentes variedades de uvas viníferas em São Joaquim, Santa Catarina - Brasil. **Ciência Rural**, v. 43, n. 7, p. 1162–1167, 2013.
- BRIGHENTI, A.F. *et al.* Comparação entre as regiões vitícolas de São Joaquim – SC, Brasil e San Michele All’adige – TN, Itália. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 281–288, 2015.
- BRIGHENTI, A.F. *et al.* Desempenho vitícola de variedades autóctones italianas em condição de elevada altitude no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 465–474, 2014.
- CHAVARRIA, G. *et al.* Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2084–2089, 2011.
- CHAVARRIA, G. *et al.* Maturação de uvas Moscato Giallo sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 151–160, 2010.
- CHAVARRIA, G.; SANTOS, H.P. Manejo de videiras sob cultivo protegido. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1917–1924, 2009.
- DU, F. *et al.* Protecting grapevines from rainfall in rainy conditions reduces disease severity and enhances profitability. **Crop Protection**, v. 67, p. 261–268, 2015.
- FERREIRA, D.F. **SISVAR – programa estatístico. Versão 5.6 (Build 86)**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010.
- FERRI, G.K. Projeto história e vitivinicultura: ensino inovador e desenvolvimento socioeconômico sustentável na Serra Catarinense. **Revista Gepesvida**, v. 6, n. 15, p. 12–, 2020.
- FORMOLO, R. *et al.* Diagnóstico da área cultivada com uva fina de mesa (*Vitis vinifera* L.) sob cobertura plástica e do manejo de pragas. **Revista Brasileira de Fruti]**, v. 33, n. 1, p. 103–110, 2011.
- GAO, Y. *et al.* Rain-Shelter Cultivation Modifies Carbon Allocation in the Polyphenolic and Volatile Metabolism of *Vitis vinifera* L. Chardonnay Grapes. **PLoS ONE**, v. 11, n. 5, p. e0156117, 2016.
- KATO, C.G.; TONHI, C.D.; CLEMENTE, E.. Antocianinas de uva (*Vitis vinífera* L.) produzidas em sistema convencional. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 6, n. 2, 2012.

- LEBON, E. *et al.* Branch Development Controls Leaf Area Dynamics in Grapevine (*Vitis vinifera*) Growing in Drying Soil. **Annals of Botany**, v. 98, n. 1, p. 175–185, 2006.
- LEE, S. H. *et al.* Vine microclimate and norisoprenoid concentration in Cabernet. **Journal Cleaner Production**, v. 111, p. 172–180, 2016.
- LI, L.; SUN, B.. Grape and wine polymeric polyphenols: Their importance in enology. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. 4, p. 563–579, 2019.
- LOSSO, F.B.; PEREIRA, R.M.F.A. A vitivinicultura de altitude em Santa Catarina (Brasil): espaços privilegiados para o turismo. **Turismo e Sociedade**, v. 7, n. 3, p. 418–445, 2014.
- LUCIANO, R.V. *et al.* Condições meteorológicas e tipo de solo na composição da uva “Cabernet Sauvignon”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 97–104, 2013.
- MARCON FILHO, J.L. *et al.* Raleio de cachos sobre o potencial enológico da uva “Cabernet Franc” em duas safras. **Ciência Rural**, v. 45, n. 12, p. 2150–2156, 2015.
- MARTINS, Wesley Alves *et al.* Fenologia e demanda térmica de amoreira-preta cv. Tupy. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 720–730, 2019.
- MENG, J. *et al.* Fruit sphere microenvironments and berry phenolic content of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) cultivated under rain-shelter systems with coloured plastic film. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 4, p. 585–592, 2017.
- MURCIA, G. *et al.* ABA and GA 3 increase carbon allocation in different organs of grapevine plants by inducing accumulation of non-structural carbohydrates in leaves, enhancement of phloem area and expression of sugar transporters. **Physiologia Plantarum**, v. 156, n. 3, p. 323–337, 2016.
- NAZ, N. *et al.* Structural and functional aspects of salt tolerance in differently adapted ecotypes of *Aeluropus lagopoides* from saline desert habitats. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 20, n. 1, p. 41–51, 2018.
- NODARI, E.S.; FRANK, Z.. Vinhos de Altitude no Estado de Santa Catarina: a afirmação de uma identidade. **Revista Tempo e Argumento**, v. 11, n. 26, p. 183–200, 2019.
- ORLANDO, T.G.S. *et al.* Comportamento das cultivares Cabernet Sauvignon e Syrah em diferentes porta-enxertos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 749–755, 2008.
- PEDRO JÚNIOR, M.J. *et al.* Microclima, produção e composição do mosto da ‘Syrah’ cultivada sob cobertura de plástico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 3, 2019.
- RUFINO, M. S. M. *et al.* **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS<sup>o+</sup>**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2007.
- SAMPAIO, G.C. **Capital social e ações conjuntas: um estudo de caso no arranjo produtivo local de vinhos de altitude catarinense**. 2016. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.
- SANTOS, H P *et al.* Qualidade da uva “Cabernet Sauvignon” submetida ao raleio de cachos no sistema de condução latada. **Revista De Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 2, p. 160–168, 2010.
- SARTOR, S. *et al.* Particularities of Syrah wines from different growing regions of Southern Brazil: grapevine phenology and bioactive compounds. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 6, p. 1414–1424, 2017.

ŠEBELA, D. *et al.* Effect of Ambient Sunlight Intensity on the Temporal Phenolic Profiles of *Vitis Vinifera* L. Cv. Chardonnay During the Ripening Season – A Field Study. **South African Journal of Enology & Viticulture**, v. 38, n. 1, p. 94–102, 2017

TARRICONE, L. *et al.* Cover Crops Affect Performance of Organic Scarlotta Seedless Table Grapes Under Plastic Film Covering in Southern Italy. **Agronomy**, v. 10, n. 4, p. 550, 2020.

XING, Ran Ran *et al.* Accumulation Pattern of Flavonoids in Cabernet Sauvignon Grapes Grown in a Low-Latitude and High-Altitude Region. **South African Journal for Enology and Viticulture**, v. 36, n. 1, p. 32–43, 2015.

YAMAMOTO, L.Y. *et al.* Evolução da maturação da uva “BRS Clara” sob cultivo protegido durante a safra fora de época. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 825–831, 2011.

## APÊNDICE A- CUSTOS DE PRODUÇÃO PARA 1 ha DE UVA FINA

Valores indicados para três cenários de um vinhedo já estabelecido há 10 anos, em três sistemas de condução: sem cobertura, sob tela antigranizo e sob cobertura plástica. Os valores de produção estão considerando três situações distantes: “A” ano sem interferência climática; “B” ano com interferência climática e “C” ano após interferência climática.

Custo de produção para 1 ha de uva fina (vinhedo instalado)	Sem cobertura	Tela antigranizo	Cobertura plástica
<b>Operações</b>			
Poda manual de inverno (D/H)*	10,00	10,00	10,00
Amarração (D/H)	2,50	2,50	2,50
Desbrota/desnetamento (D/H)	30,00	30,00	30,00
Condução de ramos (D/H)	30,00	30,00	30,00
Raleio e desbaste de cachos (D/H)	84,00	84,00	84,00
Formicida 1 (kg)**	14,00	14,00	14,00
Formicida 1 (R\$ unitário - kg)	20,00	20,00	20,00
Valores de fungicidas (11 x)***	1.348,21	1.348,21	1.348,21
valor de inseticida (1x)	93,00	93,00	93,00
valores de herbicidas (2x)	47,63	47,63	47,63
<b>Custo (A)</b>	<b>1.679,34</b>	<b>1.679,34</b>	<b>1.679,34</b>
<b>Estrutura do parreiral</b>			
Serviços para construção	8.400,00	8.400,00	8.400,00
Postes cantoneiras	560,00	560,00	560,00
Postes externos	8.580,00	8.580,00	8.580,00
Postes internos	29.520,00	29.520,00	29.520,00
Rabichos	4.028,00	4.028,00	4.028,00
Cordoalhas de 7 fios	1.050,00	1.050,00	1.050,00
Arames para rabichos	600,60	600,60	600,60
Arames perpendiculares	2.805,00	2.805,00	2.805,00
Arames principais	1.788,80	1.788,80	1.788,80
Arames secundários	7.488,00	7.488,00	7.488,00
Esticador de arames	2.960,00	2.960,00	2.960,00
Grampos	48,00	48,00	48,00
itens em geral	100,00	100,00	100,00
<b>Custo (B)</b>	<b>67.928,40</b>	<b>67.928,40</b>	<b>67.928,40</b>
<b>Cobertura do parreiral</b>			
Serviços instalação	-	8.000,00	5.000,00
Lona plástica	-	15.000,00	57.750,00
Cano de aço galvanizado	-	-	34.000,00
Arames	-	1.540,00	3.744,00
Corde	-	-	1.804,00
Itens em geral	-	211,00	104,00
<b>Custos C</b>	-	<b>24.751,00</b>	<b>102.402,00</b>
<b>Custos totais (A+B+C)</b>	<b>69.607,74</b>	<b>94.358,74</b>	<b>172.009,74</b>
<b>Produção (A - Ano sem interferência climáticos)</b>			
Preço (kg)**	4,50	4,50	4,50
Valor obtido (A)	50.494,50	60.570,00	83.169,00
<b>Produção (B - Ano com interferência climáticos)</b>			
Preço (kg)**	5,00	5,00	5,00
Valor obtido (B)	1,14	1,26	10.750,00
<b>Produção (B - Ano pós interferência climáticos)</b>			
Preço (kg)**	6,20	6,20	6,20
Valor obtido (B)	37.844,80	15.134,20	108.128,00

\*D/H – dia/hora de operação, \*\* - corresponde ao valor pago pela vinícola pelo kg de uva fina comprada para produção de vinhos. Os anos de referências são 2018/19, 2019/20 e 2020/21; \*\*\*11 x – número de vezes que foram realizadas as aplicações.