



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS

Rafaela Gadret Rizzolo

Ecofisiologia de variedades de videiras resistentes a doenças fúngicas cultivadas em diferentes altitudes do Estado de Santa Catarina, Brasil.

Florianópolis

2022

Rafaela Gadret Rizzolo

Ecofisiologia de variedades de videiras resistentes a doenças fúngicas cultivadas em diferentes altitudes do estado de Santa Catarina, Brasil.

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito final para a obtenção do título de Doutora em Ciências.

Orientadora: Prof^ª. Rosete Pescador, Dr^ª.

Coorientador: João Peterson Pereira Gardin, Dr.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Rizzolo, Rafaela Gadret

Ecofisiologia de variedades de videiras resistentes a doenças fúngicas cultivadas em diferentes altitudes do estado de Santa Catarina, Brasil. / Rafaela Gadret Rizzolo orientadora, Rosete Pescador, coorientador, João Peterson Pereira Gardin, 2022.
120 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. PIWI. 3. Fotossíntese. 4. Fenologia. 5. Mudanças Climáticas. I. Pescador, Rosete. II. Pereira Gardin, João Peterson. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. IV. Título.

Rafaela Gadret Rizzolo

Ecofisiologia de variedades de videiras resistentes a doenças fúngicas cultivadas em diferentes altitudes do estado de Santa Catarina, Brasil.

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Aparecido Lima da Silva, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Marcos Vinícius Marques Pinheiro, Dr.
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Paulo Tamaso Miotto, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de doutora em Ciências.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof^a Rosete Pescador, Dr^a
Orientadora

Florianópolis, 2022.

Este trabalho é dedicado à minha família, aos meus
amigos e aos professores que tive e terei.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Lúcia Helena Gadret Rizzolo, ao meu pai, Paulo Renato Carneiro Rizzolo, ao meu irmão, Marcelo Gadret Rizzolo e ao meu esposo, Daniel Borchert dos Santos, pelo amor, carinho e apoio incondicionais. Sei que o fato de estarem ao meu lado em toda a minha jornada acadêmica está imbuído de abdições. Agradeço por torcerem por mim e serem tão compreensivos.

À minha orientadora, Rosete Pescador, e ao meu coorientador João Peterson Pereira Gardin pelos ensinamentos passados, por terem me acolhido e me dado a oportunidade de fazer parte do Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais e de realizar a pesquisa na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI).

Aos membros das bancas do projeto de pesquisa, qualificação e defesa da tese, Alberto Fontanella Brighenti, Aparecido Lima da Silva, João Peterson Pereira Gardin, José Afonso Voltolini, Marcos Vinícius Marques Pinheiro, Paulo Tamaso Miotto, os quais contribuíram para a evolução e melhoria do trabalho.

A todos os meus colegas e amigos pelos conhecimentos compartilhados, auxílios nas análises e disciplinas, pela parceria e momentos de descontração. Agradeço, pois vocês foram e são essenciais para manter o equilíbrio na minha vida.

À Universidade Federal de Santa Catarina, ao Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais e aos professores pela oportunidade de crescimento profissional e pessoal.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e ao Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM) pela disponibilização de profissionais, recursos, instalações, aparelhos e dados, sem os quais não seria possível o desenvolvimento do presente trabalho.

À *Fondazione* Edmund Mach e ao *Julius Kühn-Institut* pelo convênio firmado entre o Governo do Estado de Santa Catarina, o qual proporcionou o plantio das videiras resistentes a doenças fúngicas no estado de Santa Catarina e pela participação técnico-científica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado, à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina (Fapesc) e ao Fundo de Desenvolvimento da Vitivinicultura de Santa Catarina (Fundovitis) pelo financiamento do projeto de pesquisa.

RESUMO

Nas últimas décadas, o estado de Santa Catarina vem se destacando na produção de uvas viníferas (*Vitis vinifera* Linnaeus) para a elaboração de vinhos finos, entretanto, devido à elevada precipitação e umidade relativa do ar durante o ciclo vegetativo, é frequente o aparecimento de doenças fúngicas que afetam a qualidade da uva. Visando manter a qualidade e diminuir danos à produção, a seleção assistida por marcadores moleculares combinada com o retrocruzamento múltiplo com *V. vinifera* permitiu o desenvolvimento de variedades portando genes de resistência a doenças fúngicas e uma porcentagem de mais de 85% de *V. vinifera* em sua linhagem; essas variedades são referidas como "PIWI" (do alemão: *Pilzwidestandsfähige*, "resistentes a doenças fúngicas"). O trabalho foi desenvolvido em três variedades PIWI brancas, denominadas Aromera, Calardis Blanc e Felicia, cultivadas em vinhedos localizados nos municípios de Água Doce (26°43'3"S; 51°30'1"O e 1329 m de altitude), Curitiba (27°17'20"S; 50°36'17"O e 1000 m de altitude) e Videira (27°1'30"S, à longitude 51°9'0"O e 774 m de altitude) situadas nas regiões do Meio Oeste Catarinense, Planalto Catarinense e Vale do Rio do Peixe, respectivamente, do estado de Santa Catarina, Brasil. Foram realizadas avaliações nas regiões de plantio envolvendo normais climatológicas, dados meteorológicos das safras 2018/19 e 2019/20 e mudanças climáticas; e, nas variedades, envolvendo as análises de fenologia, soma térmica, área foliar, índice de Ravaz, fluorescência da clorofila *a*, trocas gasosas, produtividade e análises físico-químicas dos mostos durante as safras 2018/19 e 2019/20. As diferentes altitudes proporcionaram condições climáticas diversas, com menores temperaturas médias, maior radiação e maior velocidade do vento, conforme o aumento da altitude, as quais influenciaram no desenvolvimento das variedades, por meio da redução da área foliar e do ciclo fenológico. O Índice de Ravaz mostrou que o vigor durante o período analisado estava entre aceitável e ideal, exceto para a variedade Aromera, indicando ser necessário manejo de dossel com mais intensidade para essa variedade. Durante todo o período houve um incremento na fotossíntese líquida conforme a elevação da altitude, entretanto, maiores valores de condutância estomática, taxa transpiratória e carbono interno foram observados somente durante a safra 2019/20 na altitude de 1329 metros. Na altitude de 1329 metros foram observados valores mais elevados na taxa de transporte de elétrons e mais reduzidos da dissipação não-fotoquímica, assim como, valores ideais de rendimento quântico máximo do fotossistema II. Foram observados, na altitude de 1000 metros, valores significativamente menores para os parâmetros rendimento quântico máximo do fotossistema II, rendimento quântico efetivo do fotossistema II, taxa de transporte de elétrons e valores mais elevados da dissipação não-fotoquímica, indicando que o ataque de fungos e nematoides causou danos ao fotossistema II, mais acentuadamente durante a safra 2019/20. A produtividade não foi influenciada pela diferença nas altitudes, somente pelo ataque de fungos e nematoides ocorrido na altitude de 1000 metros. Na altitude mais elevada, para Aromera e Calardis, na safra 2018/19, e em todas as altitudes e variedades, na safra 2019/20, as variedades atingiram o teor de sólidos solúveis e acidez ideais para a vinificação. A partir das mudanças climáticas calculadas pelo cenário pessimista A2 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, o qual descreve o aumento contínuo das emissões de gases do efeito estufa até o ano 2100, foram observadas alterações tanto na fisiologia das variedades PIWI, quanto na incidência das doenças a que essas variedades são resistentes nas localidades estudadas.

Palavras-chave: PIWI; fotossíntese; mudanças climáticas.

ABSTRACT

In the last decades, the state of Santa Catarina has been standing out in the production of vinifera grapes (*Vitis vinifera* Linnaeus) for the elaboration of fine wines, however, due to the high precipitation and relative humidity of the air during the vegetative cycle, the appearance of fungal diseases that affect grape quality. Aiming to maintain the quality and reduce damage to the production, the selection assisted by molecular markers combined with the multiple backcrossing with *V. vinifera* allowed the development of varieties carrying genes of resistance to fungal diseases, and a percentage of more than 85% of *V. vinifera* in your lineage; these varieties are referred to as "PIWI" (German: *Pilzwiderstandsfähige*, "resistant to fungal diseases"). The work was carried out in three white PIWI varieties, called Aromera, Calardis Blanc, and Felicia, grown in vineyards located in the municipalities of Água Doce (26°43'3"S; 51°30'1"W and 1329 m altitude), Curitiba (27°17' 20"S; 50°36'17"W and 1000 m of altitude) and Videira (27°1'30"S, at longitude 51°9'0"W and 774 m of altitude) located in the regions of the Midwest of Santa Catarina, Planalto Catarinense and Vale do Rio do Peixe, respectively, from the state of Santa Catarina, Brazil. Assessments were carried out in the planting regions involving climatological normals, meteorological data from the 2018/19 and 2019/20 harvests, and climate changes; and, in the varieties, involving the analysis of phenology, thermal sum, leaf area, Ravaz index, chlorophyll a fluorescence, gas exchange, productivity and physical-chemical analyzes of the musts during the 2018/19 and 2019/20 harvests. The different altitudes provided different climatic conditions, with lower average temperatures, higher radiation, and higher wind speed as the altitude increased, which influenced the development of the varieties, through the reduction of the leaf area and the phenological cycle. The Ravaz Index showed that the vigor during the analyzed period was between acceptable and ideal, except for the Aromera variety, indicating that more intensive canopy management is necessary for this variety. During the entire period, there was an increase in net photosynthesis with increasing altitude, however, higher values of stomatal conductance, transpiration rate, and internal carbon were observed only during the 2019/20 crop at an altitude of 1329 meters. At an altitude of 1329 meters higher values were observed in the electron transport rate and lower values of non-photochemical dissipation, as well as ideal values of maximum quantum yield of photosystem II. At an altitude of 1000 meters, significantly lower values were observed for the parameters maximum quantum yield of photosystem II, the effective quantum yield of photosystem II, electron transport rate, and higher values of non-photochemical dissipation, indicating that the fungal attack and nematodes caused damage to photosystem II, more markedly during the 2019/20 crop. Productivity was not influenced by the difference in altitudes, only by the attack of fungi and nematodes that occurred at an altitude of 1000 meters. At the highest altitude, for Aromera and Calardis, in the 2018/19 harvest, and at all altitudes and varieties, in the 2019/20 harvest, the varieties reached the ideal soluble solids and acidity content for winemaking. From the climate changes calculated by the pessimistic scenario A2 of the Intergovernmental Panel on Climate Change, which describes the continuous increase in greenhouse gas emissions until the year 2100, changes were observed both in the physiology of the PIWI varieties and in the incidence of diseases to which these varieties are resistant in the studied locations.

Keywords: PIWI; photosynthesis; climate change.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – Antecedentes e Justificativa

Figura 1 - Croquis das unidades experimentais em A) Água Doce, B) Curitiba e C) Videira, Santa Catarina, Brasil	25
Figura 2 - Classes de solos presentes em Água Doce, Curitiba e Videira, Santa Catarina, Brasil	25
Figura 3 - Divisão das Zonas Agroecológicas de acordo com o Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do Estado de Santa Catarina, Brasil	26
Figura 4 - Genealogia da variedade Aromera	29
Figura 5 - A) Planta, B) cacho e C) folhas da variedade Aromera	30
Figura 6 - Genealogia da variedade Calardis Blanc	31
Figura 7 - A) Planta, B) cacho e C) folhas da variedade Calardis Blanc	31
Figura 8 - Genealogia da variedade Felicia.....	32
Figura 9 - A) Planta, B) cacho e C) folhas da variedade Felicia	33

CAPÍTULO 3 - Mudanças climáticas e o impacto em variedades PIWI cultivadas em duas regiões de Santa Catarina, Brasil

Figura 1 - Soma térmica acumulada necessária para superar a fase fenológica das variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia, cultivadas nos municípios de Curitiba e Videira, Santa Catarina, Brasil, durante as safras 2018/19 e 2019/20	99
--	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 – Ecofisiologia de variedades PIWI cultivadas em três altitudes do estado de Santa Catarina, Brasil

Tabela 1 - Dados meteorológicos do inverno de 2018 ao outono de 2020 dos municípios de Videira (774 metros), Curitibanos (1000 metros) e Água Doce (1329 metros), Santa Catarina, Brasil 77

Tabela 2 - Trocas gasosas das variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia, cultivadas nos municípios de Videira (774 metros), Curitibanos (1000 metros) e Água Doce (1329 metros), Santa Catarina, Brasil, durante as safras 2018/19 e 2019/20 78

Tabela 3 - Fluorescência da clorofila *a* das variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia, cultivadas nos municípios de Videira (774 metros), Curitibanos (1000 metros) e Água Doce (1329 metros), Santa Catarina, Brasil, durante as safras 2018/19 e 2019/20 78

Tabela 4 - Área foliar, número de cachos, peso dos cachos, Índice de Ravaz, sólidos solúveis e acidez total das variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia, cultivadas nos municípios de Videira (774 metros), Curitibanos (1000 metros) e Água Doce (1329 metros), Santa Catarina, Brasil, durante as safras 2018/19 e 2019/20 79

CAPÍTULO 3 - Mudanças climáticas e o impacto em variedades PIWI cultivadas em duas regiões de Santa Catarina, Brasil

Tabela 1 - Precipitação pluviométrica média diária e temperatura média mensal nos municípios de Curitibanos (CUR) e Videira (VID) de 2018 a 2020; e nas regiões do Planalto Catarinense e do Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina, Brasil, durante um período de referência (1961-1990) e no cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100) 96

Tabela 2 - Índices Climáticos do Sistema de Classificação Climática Multicritérios Geovitícola (CCM) dos municípios de Curitibanos (CUR) e Videira (VID), Santa Catarina, Brasil, durante as safras 2018/19 e 2019/20, a referência (1961-1990) e o cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100) 97

Tabela 3 - Datas de ocorrência das fases fenológicas das variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia, cultivadas nos municípios de Curitibanos (CUR) e Videira (VID), Santa Catarina, Brasil, durante as safras 2018/19 e 2019/20 97

Tabela 4 - Dias para completar as fases fenológicas das variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia, cultivadas nos municípios de Curitibanos (CUR) e Videira (VID), Santa Catarina, Brasil, durante as safras 2018/19 e 2019/20 e no cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100) 98

Tabela 5 - Expectativa para a década de 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência do míldio e do oídio durante o período vegetativo/reprodutivo das variedades PIWI nas regiões do Vale do Rio do Peixe e do Planalto Catarinense, Santa Catarina, Brasil 98

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\Delta F/F_m'$ – Rendimento quântico efetivo do fotossistema II quando os centros de reação estão reduzidos

°GL – Graus Gay Lussac

°C – Graus Celsius

A – Taxa de assimilação de CO₂ ou Fotossíntese líquida

AF – Área foliar

AGU – Município de Água Doce

ANA – Ácido-1-naftalenoacético

ATP - Adenosina 5'-trifosfato

AT – Acidez total

CCM - Sistema de Classificação Climática Multicritérios Geovitícola (CCM)

C_i – Carbono interno

CIRAM - Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina

CO₂ – Dióxido de carbono

C_r – Fração molar do CO₂ da referência

C_s - Fração molar do CO₂ da amostra

CUR – Município de Curitiba

DCCF – Dias para completar o ciclo fenológico

DCFF: Dias para Completar a Fase Fenológica

DFF – Densidade de fluxo de fótons

E – Transpiração

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

ETR – Taxa aparente de transporte de elétrons

EUA – Eficiência do uso da água

F – Taxa de fluxo de massa

F₀ – Fluorescência inicial adaptada ao escuro

F₀' – Fluorescência inicial adaptada ao claro

F_m – Fluorescência máxima adaptada ao escuro

F_m' - Fluorescência máxima adaptada ao claro

F_s – Fluorescência em estado estacionário

Fv – Fluorescência variável
Fv/Fm - Eficiência quântica máxima do fotossistema II
GCM – *General Circulation Models*
GEE – Gases do Efeito Estufa
g_{bw} - Condutância da camada limítrofe de vapor d'água
g_s – Condutância estomática
g_{tc} - Condutância total de CO₂
g_{tw} - Condutância total a vapor d'água
H₂O – Água
IF – Índice de Frio Noturno
IH – Índice Heliotérmico
IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IR – Índice de Ravaz
IRGA – *Infrared Gas Analyzer*
IS – Índice de Seca
IZ – Índice Hidrotérmico de Zuluaga
kf - Fator com base na estimativa K da fração das condutâncias estomáticas entre os dois lados da folha (razão estomática)
NADPH – Nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato
NPQ - Dissipação não-fotoquímica ou *Non Photochemical quenching*
PAR – Radiação fotossinteticamente ativa
PSII – Fotossistema II
PIWI – *Pilzwiderstandsfähige*
Qa - Quinona A
qN - *Quenching* não-fotoquímico
qP - *Quenching* fotoquímico
Rubisco – Ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase
S - área foliar em cm²
SRES – *Special report on Emission Scenarios*
SS – Sólidos solúveis
Tb - Temperatura base
T_{mín} - Temperatura mínima

T_{máx} - Temperatura máxima

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

VID – Município de Videira

W_r - Fração molar da água da referência

W_s - Fração molar da água da amostra

ZA - Zona Agroecológica

SUMÁRIO

1 ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA	17
1.2 HIPÓTESE	20
1.3 OBJETIVOS.....	20
1.3.1 Objetivo Geral.....	20
1.3.2 Objetivos Específicos	20
2 CAPÍTULO 1 – REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 CARACTERÍSTICAS HISTÓRICAS DO PLANALTO CATARINENSE, DO MEIO OESTE CATARINENSE E DO VALE DO RIO DO PEIXE.....	22
2.2 ESTRUTURA E ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO DOS VINHEDOS EXPERIMENTAIS.....	24
2.3 IDENTIDADE E CARACTERÍSTICAS DAS VARIEDADES PIWI AROMERA, CALARDIS BLANC E FELICIA	27
2.3.1 Aromera	29
2.3.2 Calardis Blanc	30
2.3.3 Felicia	32
2.4 TROCAS GASOSAS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA <i>A</i>	33
2.5 VIGOR DA VIDEIRA E A INFLUÊNCIA NAS TROCAS GASOSAS E NA FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA <i>A</i>	41
2.6 ALTITUDE, CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E O DESENVOLVIMENTO DA VIDEIRA	45
2.7 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O CULTIVO DA VIDEIRA	51
2.8 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O IMPACTO SOBRE AS DOENÇAS A QUE AS VARIEDADES ESTUDADAS SÃO RESISTENTES	55
3 CAPÍTULO 2	58
Ecofisiologia de variedades PIWI cultivadas em três altitudes do estado de Santa Catarina, Brasil.....	58

	16
Resumo	59
Abstract	60
Introdução	61
Material e métodos.....	62
Resultados e Discussão	64
Conclusão.....	72
Referências.....	73
Tabelas	77
4 CAPÍTULO 3	80
Mudanças climáticas e o impacto em variedades PIWI cultivadas em duas regiões de Santa Catarina, Brasil	80
Resumo	81
Abstract	82
Introdução	83
Material e Métodos	84
Resultados e Discussão	86
Conclusão.....	91
Referências.....	92
Tabelas	96
Figura	99
5 CONCLUSÃO.....	100

1 ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

A viticultura brasileira está difundida desde o Rio Grande do Sul, a 31°S de latitude, até o Rio Grande do Norte e Ceará, a 05°S de latitude, apresentando grande diversidade ambiental entre as zonas de produção, incluindo regiões de clima temperado, subtropical e tropical. Caracteriza-se pela grande variabilidade no material genético utilizado, sendo mais de 120 variedades de *Vitis vinifera* e mais de 40 variedades entre *Vitis labrusca*, *Vitis bourquina* e de híbridas interespecíficas (CAMARGO et al., 2011). Essa variabilidade genética e a elevada plasticidade da videira oferecem vantagens adaptativas em diferentes condições ambientais (DAI et al., 2011; BADUCA CAMPEANU et al., 2012). O Brasil é um país continental e sua diversidade, seja de variedades de uvas, seja de estilos de vinhos, permite que sejam elaborados vinhos em 26 regiões em dez estados brasileiros. Essa pluralidade de *terroirs* é única no mundo e, a partir dela, é possível produzir vinhos e espumantes que agradam aos mais variados paladares em todos os continentes (UVIBRA, 2022).

Em 2021 houve aumento de 83,25% nas exportações de vinhos brasileiros se comparado ao ano de 2020. A totalidade de 8.132.342 litros chegaram a 53 países, com destaque para o Paraguai, Haiti, Rússia, China e Estados Unidos. Somando-se o volume de vinho, espumante e suco de uva, o total ultrapassa os 12.437.524 litros contra 6.586.262 em 2020. O desempenho dos espumantes teve alta de 21,36%, sendo o maior crescimento percentual para o suco de uva com 144,59% de incremento, chegando a 3.369.939 litros. Na safra de 2021/22 foram colhidas 1.633.182 toneladas de uvas no Brasil, produção 4,10% inferior à safra anterior, de acordo com o IBGE (2022). A União Brasileira de Vitivinicultura (UVIBRA, 2022) destacou que as vendas internas atingiram 30,3 milhões de litros de espumantes e 27 milhões de litros de vinhos tranquilos. A venda de suco de uva chegou a 173 milhões de litros, com um incremento de 3,92% quando comparado ao ano de 2020.

O conhecimento e a caracterização de novas regiões vitivinícolas no Brasil com potencialidades para a elaboração de vinhos são fundamentais para a expansão da vitivinicultura no País. A vitivinicultura em Santa Catarina destaca-se pela qualidade dos vinhos elaborados (BURIN et al. 2011), a qual está associada às características geográficas e climáticas (MALINOVSKI et al., 2012; BORGHEZAN et al., 2014), aliada ao desenvolvimento de pesquisas focadas nos processos agronômicos, enológicos e fenológicos (BRIGHENTI et al., 2013) e no potencial varietal (BRIGHENTI et al., 2014). Na safra de 2021/22 foram colhidas 57.420 toneladas de uvas em Santa Catarina, produção 3,70% inferior à safra anterior,

entretanto, houve aumento de 0,5% na área plantada, abrangendo 3.961 hectares, de acordo com o IBGE (2022).

Historicamente, em Santa Catarina, os vinhos eram produzidos principalmente a partir de espécies americanas (*V. labrusca*), ou de híbridos interespecíficos adaptados às condições ambientais do Estado. Porém, a partir de 1998, a viticultura em Santa Catarina sofreu intensa transformação com o crescente uso de variedades europeias (*V. vinifera*) (SCHUCK et al., 2009). As variedades europeias, apesar de apresentarem elevado potencial enológico, são suscetíveis a uma série de estresses bióticos e abióticos. A união da utilização de variedades suscetíveis, clima favorável e presença de patógenos tornaram o uso repetido de fungicidas durante o período vegetativo, a estratégia mais utilizada para conter as doenças no Brasil (KORTEKAMP et al., 2008).

A solubilidade dos produtos químicos utilizados no controle das doenças em videira, associada à sua ação sistêmica são os principais fatores de risco para a contaminação dos subprodutos da uva (ROSE et al., 2009), sendo frequentemente encontrados resíduos deles no mosto de uva e no vinho (CABRAS e ANGIONI, 2000). Além disso, o tratamento químico intenso causa problemas ambientais incompatíveis com as exigências modernas para a agricultura sustentável. Por isso, o conhecimento das fontes de resistência a patógenos, da adaptação às condições climáticas específicas e sua combinação com atributos de qualidade são considerados de fundamental importância para a manutenção de uma vitivinicultura próspera (CAMARGO et al., 2008). A utilização de variedades resistentes tem como grandes vantagens, além da preservação da diversidade da família Vitaceae, a redução dos riscos de contaminação do produtor, do meio ambiente e dos subprodutos da uva causados pelo uso de fungicidas e a consequente redução dos custos de produção (SCHWANDER et al., 2012; ROSSBERG, 2013).

A União Europeia estabeleceu metas para reduzir o uso de produtos químicos na viticultura, sendo uma das estratégias a mudança da abordagem voltada ao tratamento químico para outra voltada à prevenção de doenças por meio do desenvolvimento de variedades resistentes a fungos (ROUSSEAU et al., 2013). Em 2013 foi aprovado o projeto intitulado “Avaliação vitivinícola de genótipos de videira nas condições edafoclimáticas de Santa Catarina” que tem por finalidade obter novas variedades que conciliem qualidade de vinho com resistência durável às principais doenças de ocorrência no Estado de Santa Catarina. O projeto está em desenvolvimento por meio um convênio firmado entre o Governo do Estado de Santa Catarina e a Província Autônoma de Trento (Itália), com participação técnico-científica da

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), da *Fondazione Edmund Mach*, localizada na Itália e do *Julius Kühn-Institut*, localizado na Alemanha (MUNIZ, 2017).

Videiras resistentes a fungos são resultado de cruzamentos entre espécies mediterrâneas, *V. vinifera*, e norte-americanas e asiáticas como *Vitis riparia*, *Vitis amurensis* e *Vitis rupestris*, que possuem alta resistência a doenças fúngicas, principalmente míldio e oídio. A seleção assistida por marcadores moleculares combinada com o retrocruzamento múltiplo com *V. vinifera* permitiu o desenvolvimento de variedades portando genes de resistência a doenças e uma porcentagem de mais de 85% de *V. vinifera* em sua linhagem; essas variedades são referidas como "PIWI" (do alemão: *Pilzwiderstandsfähige*, "resistentes a doenças fúngicas") e são aceitas como variedades *V. vinifera* nos catálogos europeus (SIVCEV et al., 2010). Elas têm sido recomendadas como a escolha mais adequada para a viticultura orgânica (PAVLOUSEK, 2010; SIVCEV et al., 2010, BECKER, 2013). A resistência a doenças importantes economicamente ao produtor reduz significativamente a necessidade de aplicações de produtos químicos e, portanto, representa uma grande vantagem em áreas úmidas (GALBRUN, 2008, SIVCEV et al., 2010, WIEDEMANN-MERDINOGLU e HOFFMANN, 2010, FULLER et al., 2014; WEIGLE e CARROLL, 2015).

Por conseguinte, a proposta deste estudo foi gerar conhecimentos científicos a partir de avaliações em diferentes altitudes e suas interações com o desenvolvimento de três variedades resistentes a doenças fúngicas (PIWI), com o propósito de contribuir para o desenvolvimento da vitivinicultura brasileira. No Capítulo 1 foi apresentada uma síntese dos conhecimentos que serviram como base científica para o desenvolvimento desta proposta de trabalho e dos artigos científicos. Na sequência, inicia-se o Capítulo 2, intitulado "Ecofisiologia de variedades PIWI cultivadas em três altitudes do estado de Santa Catarina, Brasil", no qual foram abordados temas relacionados às respostas ecofisiológicas das variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia em três altitudes no Estado de Santa Catarina durante os ciclos 2018/19 e 2019/20. Ao passo que, no Capítulo 3, intitulado "Mudanças climáticas e o impacto em variedades PIWI cultivadas em duas regiões de Santa Catarina, Brasil", foram discutidos aspectos relacionados a dados climatológicos, meteorológicos e um cenário de mudanças climáticas no Planalto Catarinense e no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina, e dados de soma térmica e fenologia nas variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia cultivadas nessas regiões.

1.2 HIPÓTESE

As diferentes regiões e altitudes, com suas características particulares de clima, influenciam de maneiras distintas no vigor e na fenologia das videiras Aromera, Calardis Blanc e Felicia, o que resulta em diferença nas trocas gasosas, na fluorescência da clorofila *a* e, conseqüentemente, na produtividade e qualidade físico-química dos mostos das três variedades. O menor crescimento vegetativo que ocorre em regiões com altitudes mais elevadas, devido às menores temperaturas, é desejável para diminuir os tratos culturais e manter a taxa fotossintética em níveis que sejam benéficos para a manutenção e o desenvolvimento das videiras. Um cenário pessimista de mudança climática, com aumento de temperatura média e alteração no regime de chuvas influencia na fenologia das variedades Aromera Calardis Blanc e Felicia, assim como na incidência das doenças a que elas são resistentes.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar os aspectos climatológicos, meteorológicos e de mudanças climáticas em Água Doce, Curitibanos e Videira, municípios do Estado de Santa Catarina, e a influência no desenvolvimento e na fisiologia das variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia, videiras brancas resistentes a doenças fúngicas, assim como na incidência do míldio e do oídio.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar os aspectos climatológicos e meteorológicos de Água Doce (1329 metros), Curitibanos (1000 metros) e Videira (774 metros);
- Apontar como as diferentes condições climáticas atuam no vigor das variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia;
- Relacionar a variação do vigor das variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia e a influência nas trocas gasosas e na fluorescência da clorofila *a*;
- Inferir sobre a influência das condições climáticas atuais e futuras na fenologia e na soma térmica das variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia;
- Caracterizar as mudanças climáticas no Planalto Catarinense e no Vale do Rio do Peixe e os possíveis impactos sobre as doenças às quais as variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia são resistentes.

2 CAPÍTULO 1 – REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico do presente trabalho acadêmico está fundamentado, inicialmente, em informações sobre as regiões e as variedades estudadas, tais como:

2.1 CARACTERÍSTICAS HISTÓRICAS DO PLANALTO CATARINENSE, DO MEIO OESTE CATARINENSE E DO VALE DO RIO DO PEIXE

2.2 ESTRUTURA E ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO DOS VINHEDOS EXPERIMENTAIS

2.3 IDENTIDADE E CARACTERÍSTICAS DAS VARIEDADES PIWI AROMERA, CALARDIS BLANC E FELICIA

Em seguida, o referencial teórico compreendeu informações utilizadas para o desenvolvimento do Capítulo 2, intitulado “Ecofisiologia de variedades PIWI cultivadas em três altitudes no estado de Santa Catarina, Brasil” e abrangeu os seguintes itens:

2.4 TROCAS GASOSAS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *A*

2.5 VIGOR DA VIDEIRA E A INFLUÊNCIA NAS TROCAS GASOSAS E NA FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *A*

Por fim, o referencial teórico utilizado para o desenvolvimento do Capítulo 3, intitulado “Mudanças climáticas e o impacto em variedades PIWI cultivadas em duas regiões de Santa Catarina, Brasil”, compreendeu os seguintes temas:

2.6 ALTITUDE, CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E O DESENVOLVIMENTO DA VIDEIRA

2.7 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O CULTIVO DA VIDEIRA

2.8 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O IMPACTO SOBRE AS DOENÇAS A QUE AS VARIEDADES ESTUDADAS SÃO RESISTENTES

2.1 CARACTERÍSTICAS HISTÓRICAS DO PLANALTO CATARINENSE, DO MEIO OESTE CATARINENSE E DO VALE DO RIO DO PEIXE

Embora seja possível cultivar videiras em quase todos os municípios catarinenses, as regiões de altitude, como o Planalto Catarinense, o Meio Oeste Catarinense e o Vale do Rio do Peixe, são as mais favoráveis para a sua produção. Percebendo o diferencial das condições edafoclimáticas do Planalto Catarinense, a partir da década de 1970, o Governo de Santa Catarina passou a apoiar iniciativas para o cultivo de espécies de clima temperado, como as videiras, a partir do Programa de Fruticultura de Clima Temperado (PROFIT). Embora o PROFIT tenha contribuído para o interesse dos produtores no cultivo de variedades europeias, foi somente na década de 1990 e 2000 que o cultivo dessas variedades foi amplamente impulsionado pelo incentivo governamental e investimentos privados (FERRI, 2019). No Planalto Catarinense, a vitivinicultura está baseada em pesquisas científicas, investimento de empreendedores e apoio técnico especializado. Na década de 1990, experimentos da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) apontaram o potencial edafoclimático dessa região para o plantio de vinhedos de castas europeias, entre 900 e 1400 metros de altitude. A partir destes experimentos, diversas vinícolas foram instaladas na região, conquistando reconhecimento nacional e internacional por seus vinhos finos e espumantes, bem como desenvolvendo do enoturismo neste novo *terroir* (ROSIER, 2003).

Até a implantação de vinhedos no final do século XX, a região do Planalto Catarinense tinha na agropecuária e no extrativismo vegetal suas principais atividades econômicas. Percebendo o potencial mercadológico desses vinhos, no final da década de 1990 alguns empresários investiram nos primeiros vinhedos de elevada altitude em Santa Catarina (LOSSO, 2010). Até 2013, 590 vinhedos tinham sido implantados, totalizando uma área de 332,35 hectares distribuídos em 53 propriedades (FERRI, 2019). Estudos em outras regiões vitivinícolas brasileiras mostram que o processo de desenvolvimento ocorreu de forma diferenciada em relação às tradicionais regiões vinícolas localizadas no estado do Rio Grande do Sul, o qual tem induzido o desenvolvimento regional e o enoturismo. Em Santa Catarina, o enoturismo apresenta-se como a estratégia central para o desenvolvimento de uma nova região vitivinícola, ao mesmo tempo que reenquadra o espaço rural (FERREIRA e HUNTER, 2017; FOUNTAIN et al., 2020).

Em Santa Catarina, a vitivinicultura mais expressiva economicamente está localizada na Região do Vale do Rio do Peixe, apresentando grande similaridade com a da região da Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, quanto à estrutura fundiária, topografia e tipo de exploração vitícola. A mão de obra, geralmente familiar, é voltada à produção de uvas destinadas principalmente à elaboração de vinhos de consumo corrente e suco de uva, sendo uma parte menor da produção destinada ao consumo *in natura* (PROTAS et al., 2002). A vitivinicultura do Vale do Rio do Peixe é responsável por cerca de 80% da produção de uva e vinho no Estado e muitas vinícolas mantêm sua tradição atrelada às origens de seus habitantes, como ocorre na Serra Gaúcha (NODARI, 2017). Uma parte dos produtores e industriais têm ascendência italiana, enquanto outros fogem desse padrão considerado pela literatura como tradicional.

A ocupação do Vale do Rio do Peixe pelos imigrantes europeus começou pelas margens de rio e então expandiu-se. Em geral, os imigrantes de origem alemã assentaram-se nas áreas mais baixas, formando a Vila de Vitória, enquanto os italianos estabeleceram-se nas áreas do médio e alto vale, onde a comunidade fundada foi inicialmente chamada Vale do Rio das Pedras. Em 1921, contudo, o nome do povoado foi alterado para Perdizes e, em 1943, devido à proeminência da produção de uva e vinhos, o status de município foi-lhe concedido sob o nome de Videira (BIASI et al., 2019). A história do município de Videira e a história da vitivinicultura no Meio Oeste Catarinense estão cruzadas. Na década de 1940 a produção da uva se destacava ao lado do milho e do trigo e este entrelaçamento pode ser observado de várias formas, e uma delas é a celebração da colheita da uva. Este festejo foi introduzido a partir do estabelecimento de imigrantes europeus no Brasil, especialmente italianos, a exemplo das Festas da Uva de Caxias do Sul (RS) que vieram a inspirar festividades semelhantes em Videira (SC) na primeira metade do século XX (TERRERI et al., 2022).

Atualmente, a região Meio Oeste é a maior produtora de vinhos do estado de Santa Catarina. Foi nela que, na primeira metade do século XX, italianos que haviam migrado do Rio Grande do Sul deram início à construção da mais expressiva cadeia vitivinícola de Santa Catarina (CORDEIRO, 2006). A produção da uva e do vinho no Meio Oeste Catarinense é constituída principalmente de uvas de origem americana e híbrida. Apenas na década de 70, com a criação em Santa Catarina do PROFIT é que houve um grande incentivo para o plantio de castas europeias (EPAGRI, 2004). Desde o final da década de 1990, entretanto, vem ocorrendo uma reversão das expectativas no plantio das variedades de castas europeias,

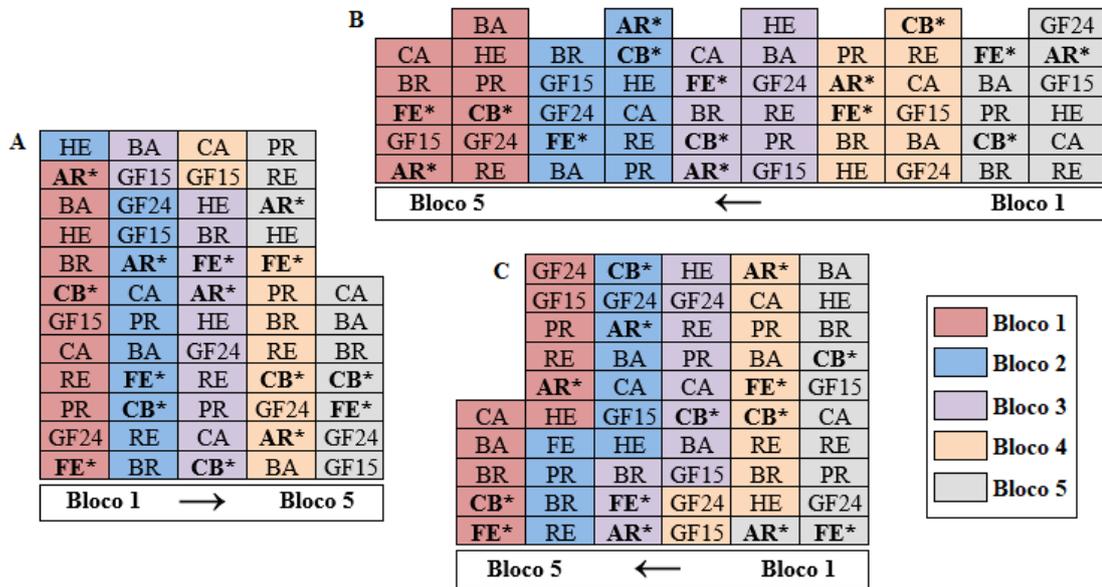
representada por novos plantios, inclusive em áreas não tradicionais para o cultivo da videira, como é o caso das regiões de elevada altitude.

2.2 ESTRUTURA E ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO DOS VINHEDOS EXPERIMENTAIS

A partir da percepção da importância das regiões para o desenvolvimento da vitivinicultura em Santa Catarina, o presente estudo foi desenvolvido nos municípios de Água Doce, Curitibanos e Videira, respectivas regiões do Meio Oeste, Planalto Catarinense e Vale do Rio do Peixe. As variedades analisadas estão cultivadas em vinhedos localizados em Água Doce, na área experimental da vinícola Villaggio Grando, à latitude 26°43'3" S, à longitude 51°30'1" O e à altitude de 1329 metros. Em Curitibanos, a área é composta por um vinhedo estabelecido na Área Experimental Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), à latitude 27°17'20" S, à longitude 50°36'17" O e à altitude de 1000 metros. Enquanto que, em Videira, as variedades estão cultivadas na estação experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), à latitude 27°1'30" S, à longitude 51°9'0" O e à altitude de 774 metros.

A implantação dos três vinhedos foi realizada em 2015 e as videiras estão sobre o porta-enxerto Paulsen 1103 sob sistema de condução em espaldeira e poda seca em cordão esporonado. Em relação à poda verde, foram realizados desbrotes em outubro, desnetamentos, desfolhas ao final da floração e despontes no início de dezembro. O espaçamento adotado foi o de 3 metros entre fileiras e 1,2 metros entre plantas. O desenho experimental foi constituído por 5 blocos casualizados (Figuras 1A, 1B e 1C), contendo 10 plantas por variedade em cada bloco, totalizando 150 plantas avaliadas por parcela. Nos vinhedos constam 11 variedades PIWI (do alemão: *Pilzwiderstandsfähige*, "resistentes a doenças fúngicas"), entretanto, foram selecionadas as variedades de uvas brancas Aromera, Calardis Blanc e Felicia para estudo mais detalhado devido ao seu alto potencial para a produção de vinhos brancos tranquilos ou espumantes. De acordo com o mapa de solos de Santa Catarina, os três vinhedos experimentais estão localizados em solos que são predominantes nos municípios avaliados, como o cambissolo húmico em Água Doce, o nitossolo háplico em Curitibanos e o nitossolo vermelho em Videira (Figura 2).

Figura 1 - Croquis das unidades experimentais em A) Água Doce, B) Curitibaanos e C) Videira, Santa Catarina, Brasil.

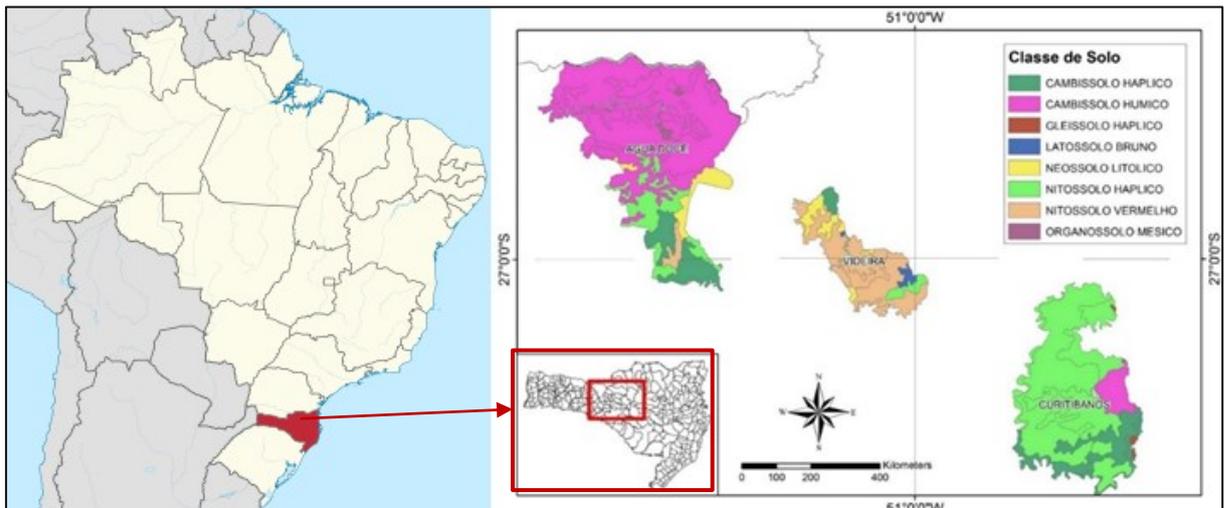


*Variedades avaliadas: AR = Aromera; CB = Calardis Blanc; FE = Felicia.

Outras variedades: BA = Baron; BR = Bronner; CA = Calandro; HE = Helios; PR = Prior; RE = Regent.

Fonte: Autora (2022).

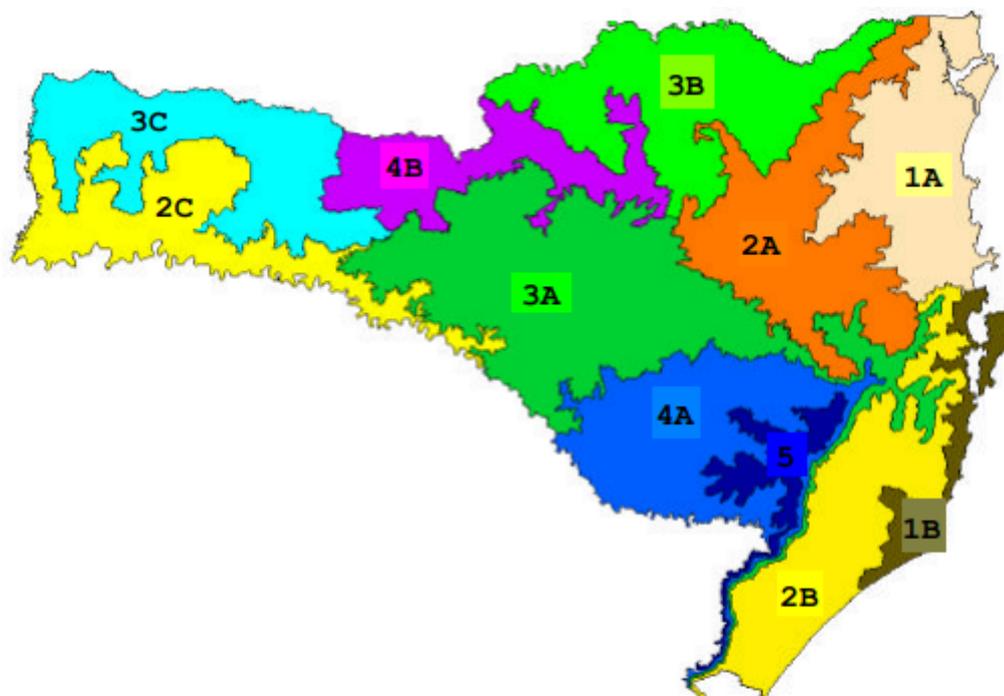
Figura 2 - Classes de solos presentes em Água Doce, Curitibaanos e Videira, Santa Catarina, Brasil.



Fonte: Mapa de solos do estado de Santa Catarina, 2004. Escala 1:250.000.

De acordo com as aptidões climáticas apresentadas pelo Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do estado de Santa Catarina (CAVALHEIRO et al., s.d.), Água Doce está situada na Zona Agroecológica (ZA) 4B (Alto Vale do Rio do Peixe e Alto Irani), enquanto que Curitibanos e Videira pertencem à Zona Agroecológica 3A (Vale do Rio do Peixe e Planalto Central) (Figura 3).

Figura 3 - Divisão das Zonas Agroecológicas de acordo com o Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do Estado de Santa Catarina, Brasil.



- Zona Agroecológica 1A - Litoral Norte, Vales dos Rios Itajai e Tijucas
- Zona Agroecológica 1B - Litoral de Florianópolis e Laguna
- Zona Agroecológica 2A - Alto Vale do Rio Itajai
- Zona Agroecológica 2B - Carbonífera, Extremo Sul e Colonial Serrana
- Zona Agroecológica 2C - Vale do Rio Uruguai
- Zona Agroecológica 3A - Vale do Rio do Peixe e Planalto Central
- Zona Agroecológica 3B - Planalto Norte Catarinense
- Zona Agroecológica 3C - Noroeste Catarinense
- Zona Agroecológica 4A - Campos de Lages
- Zona Agroecológica 4B - Alto Vale do Rio do Peixe e Alto Irani
- Zona Agroecológica 5 - Planalto Serrano de São Joaquim

Fonte: Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do estado de Santa Catarina.

A Zona Agroecológica 4B, em que Água Doce está inserida, é classificada como de clima Cfb, segundo Köppen-Geiger (1961), ou seja, clima temperado constantemente úmido, sem estação seca, com verão fresco e temperatura média do mês mais quente menor do que 22,0°C. Segundo BRAGA e GHELLRE (1999), o clima é mesotérmico brando com temperatura do mês mais frio entre 10 e 15°C e isoterma do mês mais frio entre 10,0°C e 11,5°C. A temperatura média anual da Zona Agroecológica 4B varia de 14,4 a 16,3°C. A temperatura média das máximas varia de 20,7 a 23,7°C, e das mínimas de 9,1 a 10,8°C. A precipitação pluviométrica total anual pode variar de 1.490 a 2.100mm, com o total anual de dias de chuva entre 114 e 138 dias. A umidade relativa do ar pode variar de 78,1 a 82,9%. Podem ocorrer, em termos normais, de 22 a 30 geadas por ano. Os valores de horas de frio iguais ou abaixo de 7,2°C variam de 642 a 778 horas acumuladas por ano. A insolação total anual pode variar de 2.011 a 2.193 horas nesta sub-região (CAVALHEIRO et al., s.d.).

Assim como a ZA 4B, a Zona Agroecológica 3A, em que estão inseridos os municípios de Curitiba e Videira, é classificada como clima Cfb. Segundo BRAGA e GHELLRE (1999), o clima é mesotérmico brando com temperatura do mês mais frio entre 10 e 15°C, entretanto, a isoterma do mês mais frio varia entre 11,5°C e 13,0°C. A temperatura média anual da ZA 3A varia de 15,8 a 17,9°C. A temperatura média das máximas varia de 22,3°C a 25,8°C e das mínimas de 10,8°C a 12,9°C. A precipitação pluviométrica total anual pode variar de 1.460 a 1.820mm, com o total anual de dias de chuva entre 129 e 144 dias. A umidade relativa do ar pode variar de 76,3 a 77,7%. Podem ocorrer, em termos normais, de 12 a 22 geadas por ano. Os valores de horas de frio abaixo ou iguais a 7,2°C variam de 437 a 642 horas acumuladas por ano. A insolação total anual varia de 2.137 a 2.373 horas nesta sub-região (CAVALHEIRO et al., s.d.).

2.3 IDENTIDADE E CARACTERÍSTICAS DAS VARIEDADES PIWI AROMERA, CALARDIS BLANC E FELICIA

Além das características de produtividade e qualidade, tradicionalmente consideradas nos programas de melhoramento genético, a resistência a doenças e adaptação das cultivares às diferentes regiões produtoras são itens prioritários para a viticultura brasileira (CAMARGO, 2002). Tanto as dificuldades fitossanitárias como os problemas de adaptação têm sido contornados com eficiência por meio do uso intensivo de fungicidas, hormônios e reguladores

de crescimento. Todavia, tendo-se em vista as exigências cada vez maiores do mercado em relação à segurança alimentar e à proteção ambiental, o conceito de qualidade vai além das características intrínsecas do produto. A sustentabilidade dos sistemas de produção é uma exigência, impondo barreiras comerciais a produtos oriundos de sistemas que não considerem com rigor estes aspectos. Os sistemas de produção integrada difundem-se para as diversas culturas e a produção orgânica é o grande objetivo da agricultura. Nesse contexto, o melhoramento genético tem um papel de grande importância no sentido de criar novas variedades de videira resistentes às doenças, adaptadas às condições ambientais das diferentes regiões produtoras e que detenham as características de produtividade e qualidade de fruto que o mercado requer (CAMARGO, 2002).

O controle das doenças fúngicas geralmente requer o uso excessivo de fungicidas, especialmente em regiões de clima temperado chuvoso, para prevenir epidemias e obter uvas de qualidade aceitável. Contudo, para se ter uma viticultura econômica e ambientalmente sustentável é necessário o uso racional de fungicidas e, para isso ocorrer, uma solução é o uso de novas variedades com resistência a doenças fúngicas oriundas do cruzamento de espécie *V. vinifera* com espécies de *Vitis* com resistência genética (BEM et al., 2020). Híbridos resistentes ou parcialmente resistentes têm potencial para reduzir significativamente a aplicação de compostos químicos e, portanto, levar a uma substancial contribuição para a sustentabilidade da viticultura, sendo que os tratamentos podem ser limitados durante safras com regime de chuvas elevado ou estádios fenológicos cruciais, como floração e pegamento de frutos (BEM et al., 2020).

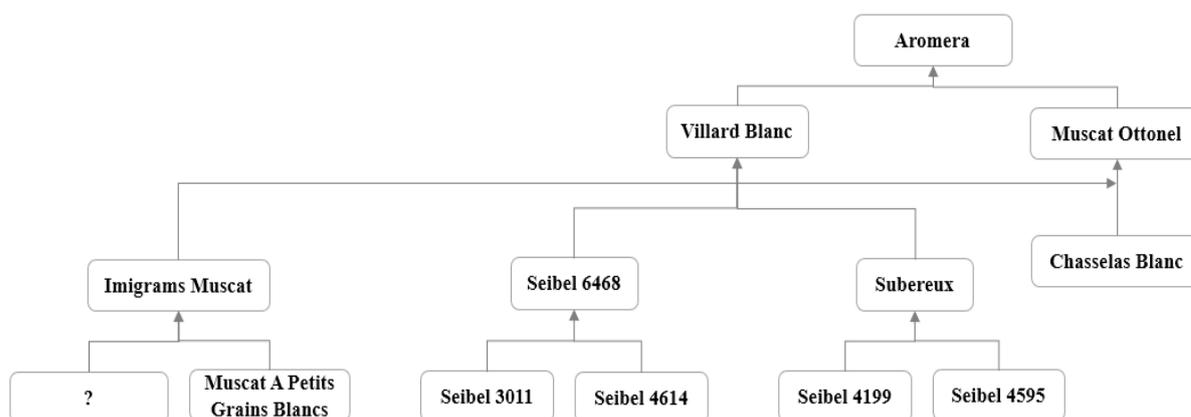
Muitos avanços foram alcançados no desenvolvimento de variedades resistentes da videira durante o século 20, onde mais de 6000 híbridos foram registrados na Europa. Infelizmente, a utilização comercial da maioria dessas variedades não ocorreu, devido à baixa qualidade do vinho ou outros fatores (PACIFICO et al., 2013). Apesar das evidências de que a resistência a doenças não significa necessariamente uma redução na qualidade do vinho em certas variedades, elas não foram aceitas no mercado Europeu (TÖPFER et al., 2011). No entanto, variedades recém criadas que apresentaram resistência a doenças no campo e alta qualidade do vinho têm sido aceitas no mercado na última década. Degustações demonstraram que é possível elaborar vinho a partir destas variedades com qualidade semelhante àquele de variedades tradicionais (BASLER e PFENNINGER, 2003). O registro de variedades híbridas de videira, como Aromera, Calardis Blanc e Felicia, no Catálogo Internacional de Variedades

Vitis (VIVC) pode sinalizar um novo reconhecimento de tais estudos e um movimento em direção à aceitação dessas variedades.

2.3.1 Aromera

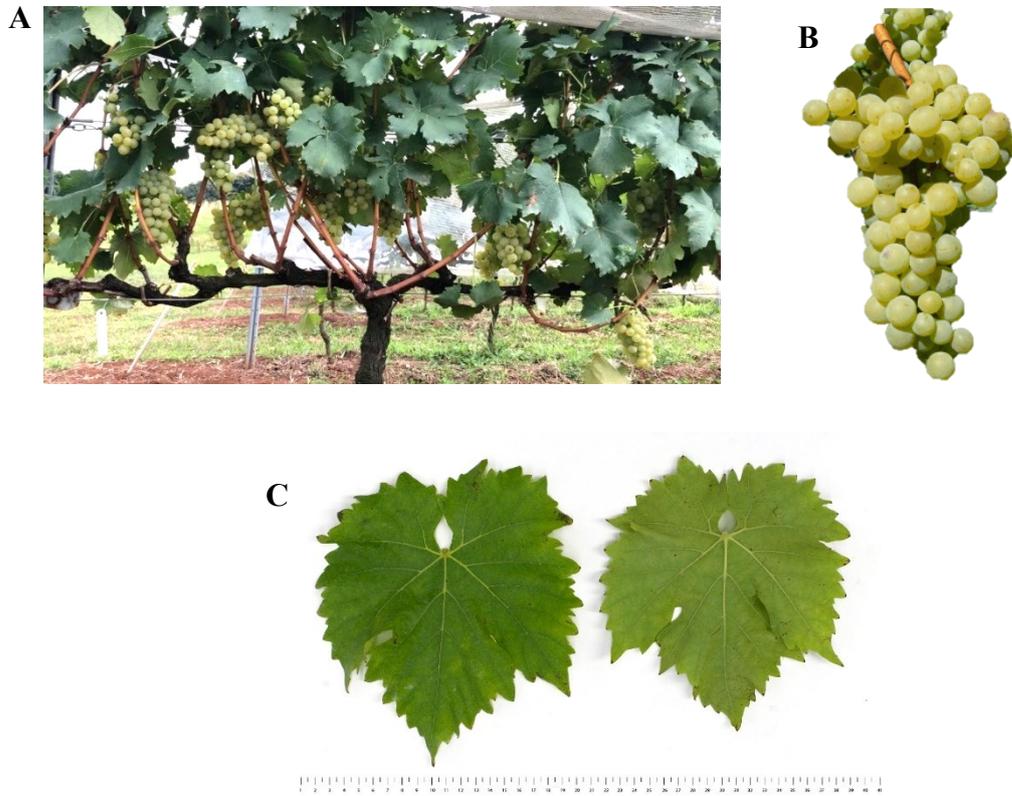
Aromera é uma variedade PIWI branca, criada pela InnoVitis, na Itália. As parentais utilizadas no cruzamento foram Villard Blanc e Muscat Ottonel (WINEPLANT, 2019) (Figura 4). Apresenta alta resistência ao míldio (*Plasmopara viticola* (Berk. & M.A. Curtis) Berl. & de Toni), devido ao loco Rpv3.1, sendo recomendado o uso de tratamentos fungicidas. Uma das parentais dessa variedade, ‘Eger 2’, apresenta na sua genealogia as espécies americanas *Vitis rupestris*, *Vitis lincecumii*, *Vitis berlandieri* e *Vitis labrusca*. Aromera possui vigor alto de bagas e cachos, chegando a 200 gramas (Figura 5). A variedade está cultivada em plantios experimentais em países como Alemanha, Áustria, Eslováquia, Espanha, França, Holanda, Hungria, Itália e Turquia. O vinho de Aromera é aromático, traz frutas cítricas e rosas no paladar, lembrando os vinhos moscatel (WINEPLANT, 2019).

Figura 4 - Genealogia da variedade Aromera.



Fonte: Autora, adaptado de Maul et al. (2014).

Figura 5 - A) Planta, B) cacho e C) folhas da variedade Aromera.



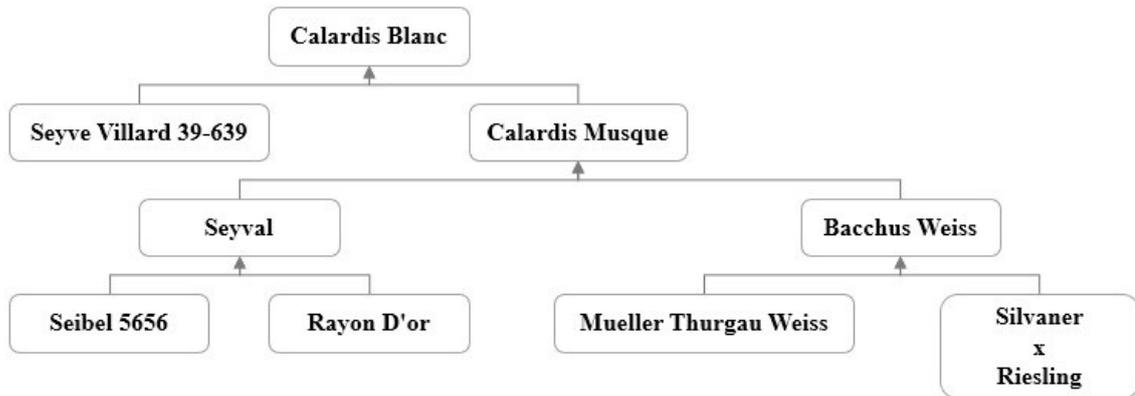
Fontes: Autora (2019) e Maul et al. (2014).

2.3.2 Calardis Blanc

Calardis Blanc é uma variedade PIWI branca, criada pelo Instituto Julius Kühn, na Alemanha. As parentais utilizadas no cruzamento foram Calardis Musque (Bacchus Weiss x Seyval) e Seyve Villard 39-639 (Figura 6). Possui alta resistência ao míldio devido aos loci Rpv3.1, Rpv3.2, que são mediados por uma combinação de fatores de resistência de ambos os pais. Além de média resistência contra o oídio, devido aos loci Ren3 e Ren9 e alta resistência à podridão negra da videira (*Guignardia bidwellii*) devido ao loco Rgb. Como resultado, até 80% dos fungicidas podem ser economizados. Além disso, possui vigor médio de bagas e cachos, chegando a 120 gramas (Figura 7). O vinho tem um aroma rico em maracujá, laranja e maçã recém-cortada combinado com um buquê delicado e é caracterizado por uma acidez viva que o torna adequado como vinho base para vinho espumante (TÖPFER, 2021). Calardis Blanc está cultivada em plantios experimentais em países como Alemanha, Brasil, Suíça, Itália, Inglaterra, Áustria, Espanha, República Tcheca, Holanda, Luxemburgo, Portugal e França. Devido à sua

maturidade tardia, a variedade é uma boa escolha para diminuir os efeitos das mudanças climáticas, que estão forçando a colheita cada vez mais precoce (TÖPFER, 2021).

Figura 6 - Genealogia da variedade Calardis Blanc.



Fonte: Autora, adaptado de Maul et al. (2014).

Figura 7 - A) Planta, B) cacho e C) folhas da variedade Calardis Blanc.

A



B



C

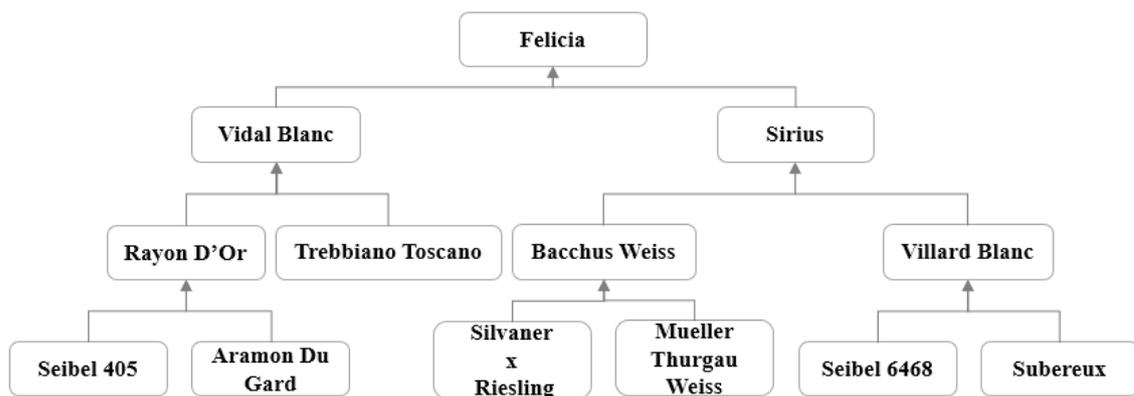


Fonte: Autora (2019) e Maul et al. (2014).

2.3.3 Felicia

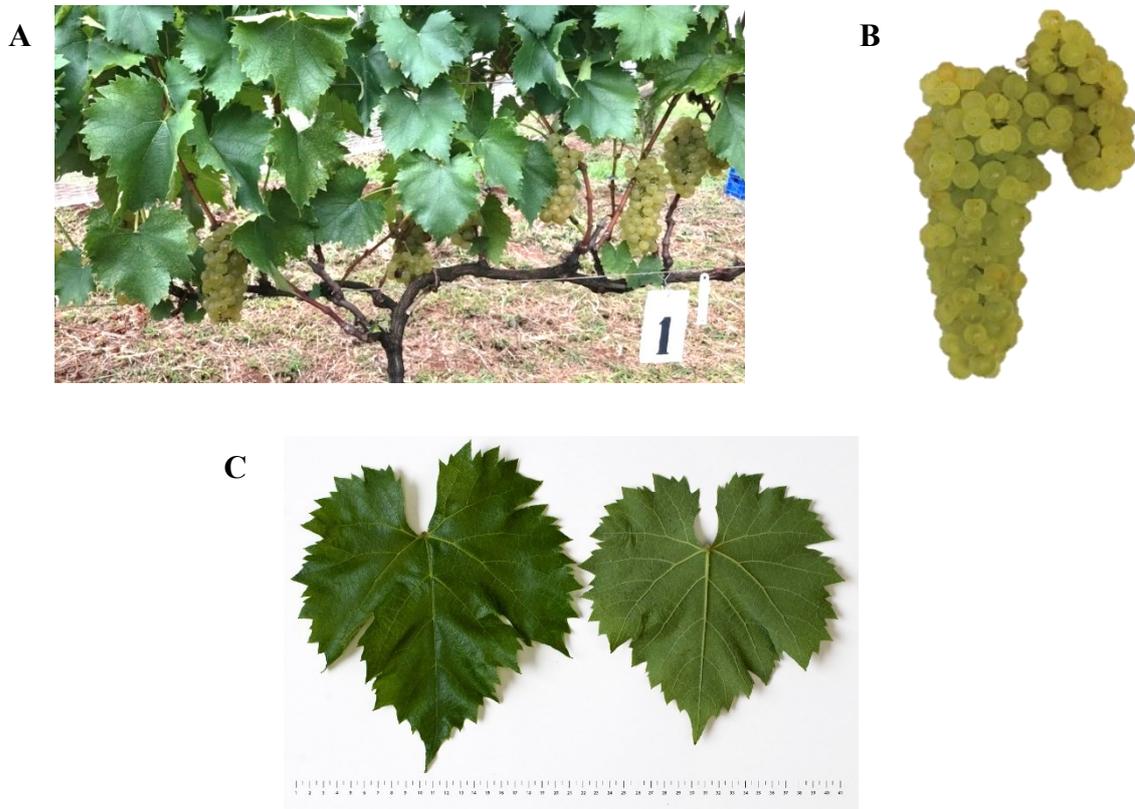
A Felicia é uma variedade PIWI branca, criada no Instituto Julius Kühn, na Alemanha. As parentais utilizadas no cruzamento foram as variedades Sirius e Vidal Blanc (MAUL et al., 2014) (Figura 8). Essa variedade apresenta média resistência ao míldio e média a alta resistência ao oídio, à podridão negra e à podridão cinzenta (*Botrytis cinerea*), possibilitando reduções de até 70% na aplicação de fungicidas, pois compartilha parte de sua genealogia com as variedades Prior e Helios, onde estão presentes videiras americanas e asiáticas. Felicia apresenta os loci de resistência Rpv3.1+Rpv3.3; Ren3+Ren9 e Rgb. Apresenta alto vigor, arquitetura de cachos média e pode chegar a 210 gramas por cacho (MAUL et al., 2014) (Figura 9). A variedade está cultivada em plantios experimentais em países como África do Sul, Brasil, Dinamarca, Espanha, Letônia, República Tcheca, Tailândia. Em termos sensoriais, Felicia representa um vinho leve, delicadamente frutado e com uma acidez sutil. O buquê é caracterizado por aromas delicados, florais e frutados, como maçã verde, damasco e banana que, em alguns anos, são combinados com uma sutil e agradável noz-moscada. O vinho também tem uma acidez harmoniosa (TÖPFER, 2021).

Figura 8 - Genealogia da variedade Felicia.



Fonte: Autora, adaptado de Maul et al. (2014).

Figura 9 - A) Planta, B) cacho e C) folhas da variedade Felicia.



Fonte: Autora (2019) e Maul et al. (2014).

2.4 TROCAS GASOSAS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *A*

A fotossíntese é o processo base ao crescimento das plantas e à produção de alimentos. A palavra a fotossíntese (do grego: *phos* = luz; *synthesis* = síntese) é um processo pelo qual a luz solar é convertida em energia química usada para sintetizar compostos orgânicos na célula a partir de compostos inorgânicos externos à planta (KELLER, 2015). Essa energia é então utilizada não apenas para manutenção, crescimento, desenvolvimento e reprodução da planta, mas também para respostas adaptativas da planta às condições ambientais (YAHIA et al., 2019).

A luz solar é uma forma de radiação eletromagnética que possui propriedades de ondas e partículas, denominada *quanta* (singular: *quantum*) ou fótons (HELDT e PIECHULLA, 2011). A energia contida nos fótons é explorada pelas plantas durante a fotossíntese, que ocorre em duas etapas. A primeira é a captura fotoquímica da energia solar, transportada na forma de fótons e armazenada temporariamente em ligações químicas de alta energia de adenosina 5'-trifosfato (ATP) e nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH). O segundo estágio

usa essa energia para assimilar enzimaticamente o dióxido de carbono atmosférico em moléculas orgânicas, produzindo carboidrato, que por sua vez é utilizado para produzir todos os outros compostos orgânicos presentes nas plantas (KELLER, 2015). As duas fases da fotossíntese ocorrem em diferentes locais do cloroplasto: a conversão da energia luminosa em energia química ocorre nos tilacoides, enquanto que a conversão de CO₂ e água em carboidrato ocorre no estroma. Embora as células de todos os órgãos e tecidos vegetais verdes tenham cloroplastos, as folhas são sua residência principal e se desenvolvem para interceptar a quantidade máxima de luz (HOUSE, 2020).

Segundo Filho (2015), aproximadamente 1,3 kW.m⁻² da energia radiante solar atinge a terra, porém somente cerca de 5% desta energia é convertida em carboidratos pela fotossíntese. Uma das razões para esta percentagem é que a maior fração da luz incidente é de comprimento de onda muito curto, por exemplo, ultravioleta, ou muito longo, como o infravermelho, e não são absorvidos pelos pigmentos fotossintéticos. Em adição, muito da energia absorvida é perdida como calor e um menor montante é perdido como fluorescência. A região visível do espectro, compreendida entre 400 e 700 nm, possui a radiação útil para a fotossíntese, sendo denominada de radiação fotossinteticamente ativa (PAR). Cerca de 85 a 90% da PAR é absorvida pela folha, sendo o restante refletido na sua superfície. Como a clorofila, principal pigmento da fotossíntese, absorve muito fortemente a luz nas regiões do vermelho e do azul, as radiações refletidas e transmitidas são enriquecidas em verde, produzindo a coloração verde da vegetação.

Aumentando-se a intensidade luminosa, a taxa da fotossíntese também aumenta. Todavia, a partir de certo ponto, novos aumentos na intensidade não são acompanhados por elevação na taxa da fotossíntese. A intensidade luminosa deixa de ser um fator limitante da fotossíntese quando todos os sistemas de pigmentos já estiverem sendo excitados e a planta não tem como captar essa quantidade adicional de luz, atingindo-se, assim, o ponto de saturação luminosa (PASCALE e DAMARIO, 2004). A taxa de fotossíntese da videira é maximamente eficaz em cerca de um terço da intensidade total da luz solar (700-800 μmol.m⁻².s⁻¹). Segundo Kozlowski et al. (2012), os valores de fotossíntese variam, amplamente, entre as espécies e entre os locais onde as plantas crescem e se desenvolvem. Em um mesmo indivíduo, durante o curso do dia e durante as estações do ano, uma variação nas taxas fotossintéticas ocorre entre as folhas de sol e as folhas de sombra. Essas variações são resultantes da interação entre a idade

da folha, a formação do dossel, a condutância estomática e os fatores ambientais, como intensidade de luz, temperatura e disponibilidade de água.

O processo pelo qual as plantas eliminam a água para a atmosfera na forma de vapor é denominado transpiração e, geralmente, acontece nas folhas. Nas folhas, a evaporação ocorre a partir das paredes celulares em direção aos espaços intercelulares que contêm ar. A partir dos espaços intercelulares, ocorre a difusão da molécula de água para a atmosfera por meio dos estômatos. Os estômatos são essenciais na regulação da taxa transpiratória, juntamente com a camada de ar adjacente à folha (ANGELOCCI et al., 2002). Quando ocorre incidência direta da radiação solar, a transpiração é fundamental, pois impede que as folhas fiquem submetidas ao superaquecimento (PEREIRA et al., 1997). Devido ao fato de a energia do sol ser necessária para a realização da fotossíntese, no processo evolutivo, a folha evoluiu como um órgão que maximiza a superfície, ou seja, aumenta a relação área/volume, o que proporciona uma maior superfície de transpiração (RAVEN et al., 2001). Em relação à temperatura do ar e, conseqüentemente, em relação às condições de transpiração, a temperatura da folha pode ser diminuída em até 8°C quando a transpiração é otimizada (WILKINSON, 2004).

Segundo Valancogne et al. (2000), a quantificação da transpiração de espécies frutíferas no campo depende de uma série de fatores, como disponibilidade hídrica e condições de demanda atmosférica. Além disso, a transpiração é dependente de fatores ligados à própria planta, como arquitetura de copa e área foliar e, ainda, de fatores que afetam a capacidade de interceptação da radiação solar e de interação com o vento. Em períodos em que há água disponível no solo, nos dias quentes de radiação solar intensa, a quantidade de água transpirada nas folhas pode ser superior à quantidade absorvida pelas raízes, a qual é transportada pelo xilema, o que pode provocar um estresse hídrico temporário. A partir desse estresse moderado, os estômatos tendem a fechar e reduzir a entrada de CO₂ na folha. Em consequência, a assimilação fotossintética do carbono, a condutância estomática e suas trocas gasosas também reduzem, conforme relatado por Marengo e Lopes (2007). É importante salientar que, sob a condição de altas temperaturas foliares, as quais estão associadas à transpiração reduzida nas folhas, pode haver danos ao funcionamento do fotossistema I e II causados pelo efeito da temperatura supra ótima.

Para realizar medições das trocas gasosas é utilizado o aparelho Analisador de Gases por Infravermelho (*Infrared Gas Analyzer*) (IRGA - LI-6400). O LI-6400 é um sistema de troca de gases de projeto de sistema aberto, ou seja, moléculas de gás heteroatômicas absorvem a

radiação em bandas de ondas de infravermelho específicas e cada gás tem um espectro de absorção característico. Os IRGAs medem a redução na transmissão de bandas de onda de infravermelho causada pela presença de CO₂ entre a fonte de radiação e um detector (LONG et al., 1996). O único gás normalmente presente no ar com um espectro de absorção que se sobrepõe ao do CO₂ é o vapor de água. Como o vapor de água geralmente está presente no ar em concentrações muito maiores que o CO₂, essa interferência é significativa, mas pode ser superada devido à presença do dessecante presente no aparelho. A corrente de ar que entra no aparelho pode ser condicionada à concentração de CO₂, umidade e temperatura. Existem tubos químicos para depuração de CO₂ e H₂O, e o ar pode ser desviado por esses tubos em qualquer proporção desejada. O CO₂ é melhor controlado limpando todo o ar que entra e usando a fonte de CO₂ para fornecer uma concentração estável no valor desejado (LONG et al., 1996).

O IRGA nos permite avaliar, entre outras respostas, a fotossíntese líquida (A), a condutância estomática (g_s), a transpiração (E) e o carbono interno (C_i) (SAATHOFF, 2019). A fotossíntese líquida, expressa em $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, é calculada por meio da equação:

$$A = F[\text{Cr}-\text{Cs}(1000-\text{Wr}/1000-\text{Ws})]/100S \quad (1)$$

Onde:

F = Taxa de fluxo de massa

Cr = Fração molar do CO₂ da referência

Cs = Fração molar do CO₂ da amostra

Wr = Fração molar da água da referência

Ws = Fração molar da água da amostra

S = Área foliar em cm²

A condutância estomática é expressa em $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ e é calculada por meio da equação:

$$g_s = 1/(1g_{tw})-(kf/g_{bw}) \quad (2)$$

Onde:

g_{tw} = Condutância total a vapor d'água

k_f = Fator com base na estimativa K da fração das condutâncias estomáticas entre os dois lados da folha, denominada razão estomática

g_{bw} = Condutância da camada limítrofe de vapor d'água

A transpiração, expressa em $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, é calculada pela equação:

$$E = F(W_s - W_r) / 100S(1000 - W_s) \quad (3)$$

E o carbono interno, expresso em $\mu\text{mol.mol}^{-1}$, é calculado por meio da equação:

$$C_i = [(g_{tc} - E/2)C_s - A] / (g_{tc} + E) / 2 \quad (4)$$

Onde:

g_{tc} = Condutância total de CO_2

De acordo com Santos et al. (2010), as medidas de trocas gasosas são significativas para determinar as taxas fotossintéticas, porém podem não ser eficientes para avaliar os efeitos deletérios nos cloroplastos. A avaliação da fluorescência da clorofila *a* revela o nível de excitação da energia que dirige a fotossíntese e fornece subsídios para estimar a inibição ou o dano no processo de transferência de elétrons do Fotossistema II (PSII), portanto, alguns parâmetros que estão intrinsecamente relacionados com a fluorescência da clorofila *a* e podem ser estudados para avaliar a relação entre as plantas e o meio em que estão inseridas e podem ser calculados por meio do fluorímetro Mini-PAM (Heinz Walz, Eifeltrich, Alemanha).

Após o recebimento da energia luminosa, os pigmentos fotossintéticos a dissipam por três vias: o quenching fotoquímico (qP), referente à utilização da energia luminosa para os processos fotoquímicos da fotossíntese; o quenching não-fotoquímico (qN), que consiste na dissipação não-fotoquímica através da produção de calor na forma de radiação infravermelha; e a fluorescência, que consiste na emissão da radiação na região do visível (CAMPOSTRINI, 2001). Os três processos citados são concorrentes, ou seja, havendo aumento de eficiência de

um deles, necessariamente, haverá diminuição na eficiência dos demais. Portanto, medindo o rendimento da fluorescência da clorofila *a* é possível obter informações sobre as alterações na eficiência de reações fotoquímicas e na dissipação em forma de calor (SOFO, 2007). A capacidade de um produto químico absorver a luz depende da disposição dos elétrons em torno de seu núcleo. Quando um fóton é absorvido por uma molécula, um elétron é empurrado para um nível mais alto de energia. A molécula que absorve o fóton será uma molécula rica em energia à medida que passa de um estado basal para um estado excitado. Quando esse elétron excitado retorna ao estado basal, a energia absorvida é perdida como fluorescência ou calor (YAHIA et al., 2019). O qP e o qN podem variar entre 0 e 1 (KALAJI et al., 2014) e são definidos pelas seguintes equações:

$$qP = [(Fm' - Fs)/(Fm' - F0')] \quad (5)$$

$$qN = [1 - (Fm' - F0')/(Fm - F0)] \quad (6)$$

Onde:

Fm' = fluorescência máxima adaptada à luz

Fs = fluorescência da clorofila em estado estacionário

$F0'$ = fluorescência mínima adaptada à luz

Fm = fluorescência máxima adaptada ao escuro

$F0$ = fluorescência mínima adaptada ao escuro

As primeiras observações no rendimento da fluorescência da clorofila foram realizadas por Kautsky e colaboradores em 1960. Estes autores observaram que, no primeiro segundo após um pulso saturante de energia luminosa em plantas adaptadas ao escuro, a fluorescência da clorofila tinha um pico máximo (Fluorescência máxima adaptada ao escuro – Fm), com consequente redução dessa dissipação máxima ao longo do tempo (MAXWELL e JOHNSON, 2000). Esse pico máximo no rendimento da fluorescência da clorofila com consequente redução ao longo do tempo é explicado seguindo a rota de transferência de elétrons na cadeia transportadora de elétrons, presente no cloroplasto. Milésimos de segundos após a exposição ao pulso saturante de energia luminosa, a energia absorvida é utilizada em um primeiro momento na forma de dissipação fotoquímica, ou seja, a energia é utilizada para desencadear o

processo natural de transporte de elétrons, removendo um elétron do centro de reação do PSII e transferindo-o para seu primeiro aceptor, a quinona A (Qa), porém este aceptor só se tornará apto a receber um segundo elétron do PSII após transferir o primeiro para o aceptor seguinte na cadeia transportadora de elétrons (TAIZ et al., 2017). Neste curto período de tempo os centros de reação são ditos como “fechados”, pois não estão aptos a receberem outro elétron para dar continuidade ao processo de transporte de elétrons (MAXWELL e JOHNSON, 2000).

Com os centros de reação “fechados” a energia luminosa incidente e absorvida pela clorofila deve seguir outro caminho de dissipação, aumentando assim o rendimento da fluorescência da clorofila e atingindo, no primeiro segundo, um pico de rendimento máximo (Fm). Com o passar desse primeiro instante, ocorre a continuidade do processo de transferência de elétrons na cadeia transportadora de elétrons e os centros de reação vão se tornando gradativamente “abertos”, dando fluidez para a dissipação fotoquímica e, conseqüentemente, para o processo de fotossíntese. Ao mesmo tempo, durante o processo de transferência de elétrons, há também um aumento na perda de energia na forma de calor, gerando uma dissipação de energia denominada de dissipação não-fotoquímica ou *Non Photochemical Quenching* (NPQ) (MAXWELL e JOHNSON, 2000).

A Dissipação não-fotoquímica (NPQ) representa a perda de energia para o ambiente na forma de calor no ciclo das xantofilas (KLUGHAMMER e SCHREIBER, 2008), sendo essa não aproveitada no processo fotoquímico da fotossíntese. Assim, as folhas não utilizam toda energia proveniente da radiação, dissipando-a, visando reduzir possíveis danos foto-oxidativos das clorofilas e ao aparato fotossintético. A dissipação não-fotoquímica varia de zero a infinito, mas na maioria dos casos, fornece valores entre 0 e 10 (KALAJI et al., 2014).

A equação da dissipação não-fotoquímica é dada por:

$$NPQ = (Fm/Fm')-1 \quad (7)$$

A dissipação em forma luminosa da fluorescência da clorofila máxima (Fm), onde a energia absorvida está quase que na sua totalidade sendo dissipada desta forma, em detrimento aos outros dois caminhos de dissipação, nos remete a informações sobre a capacidade energética máxima dos pigmentos fotossintéticos em estudo. Com essa informação em mãos, assim como a informação da fluorescência no estado estacionário (Fs), em plantas adaptadas a luz ou, em

outros termos, plantas adaptadas ao claro, podemos inferir sobre a saúde e eficiência do aparato fotossintético, mas especificamente a eficiência do PSII (MAXWELL e JOHNSON, 2000).

A fluorescência mínima (F0) é produzida quando todos os centros de reação estão no estado oxidado. Mathis e Pallotin (1981) indicam que aumentos nas médias de F0 ocorrem quando há dano no centro de reação do PSII, ou ainda, por uma redução na transferência de energia de excitação do sistema coletor de luz para o centro de reação. F0 reflete o estado da clorofila *a* do complexo antena, que é responsável pela captura de fótons e transferência da excitação, na forma de fluxo de elétrons, até os pigmentos de clorofila *a* associados ao centro de reação do PSII, logo, F0 é uma medida inicial da energia, antes da chegada ao centro de reação do PSII (BOLHÀR-NORDENKAMPF e OQUIST, 1993). Lopes (2016) ressalta ainda, que, como consequência da fotoinibição, o centro de reação e o complexo coletor de luz desacoplam-se, indicando incapacidade de transferir energia de excitação ao centro de reação, de tal forma que esta energia é emitida como fluorescência, elevando-se o valor de F0. O fluorímetro modelo Mini-PAM utiliza o valor de F0 na determinação dos *quenchings* (CAMPOSTRINI, 2001).

A eficiência do PSII é avaliada por meio do Rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm) ao mensurar a eficiência quântica dos centros de reação “abertos” do PSII e indicar a probabilidade com que um elétron absorvido pelos pigmentos fotossintéticos do PSII consiga reduzir a Qa (KRAUSE e WEIS, 1991). Em condições ambientais ótimas, a relação Fv/Fm encontra-se entre 0,83 e 0,85 em plantas C3 e 0,78 em plantas C4 (KALAJI et al., 2014). Valores um pouco mais altos foram descritos em certas espécies de folhas largas e valores mais baixos, por outro lado, são comuns em algas e líquens (TRISSEL e WILHELM 1993). Condições de estresse, como a fotoinibição, podem reduzir significativamente esses valores (BJÖRKMAN e DEMMIG, 1987; TYYSTJÄRVI e ARO, 1996). O rendimento quântico máximo do PSII é calculado pela equação:

$$Fv/Fm = (Fm-F0)/Fm \quad (8)$$

Onde:

Fv = fluorescência variável = Fm-F0

O rendimento quântico efetivo do fotossistema II ($\Delta F/F_m'$) mede a proporção da luz absorvida pela clorofila associada com o PSII que é usada na fase fotoquímica, podendo dar uma indicação geral da fotossíntese (MAXWELL e JOHNSON, 2000), do *quenching* fotoquímico (qP) e do *quenching* não-fotoquímico (qN). Seu valor pode variar entre zero e o valor F_v/F_m (KALAJI et al., 2014) e é calculado pela equação:

$$\Delta F/F_m' = (F_m' - F_s')/F_m' \quad (9)$$

Por sua vez, a taxa de transporte de elétrons (ETR) representa a quantidade relativa de elétrons passando pelo PSII durante a fotossíntese em estado estacionário, portanto possui relação direta com a atividade fotossintética das plantas e é calculada pela equação:

$$ETR = \Delta F/F_m' \times DFF \times 0,5 \times \text{coeficiente de absorção da folha} \quad (10)$$

Onde:

DFF = densidade de fluxo de fótons

0,5 = estimativa da proporção entre PSI e PSII

2.5 VIGOR DA Videira e a Influência nas Trocas Gasosas e na Fluorescência da Clorofila A

Na vitivinicultura, a elaboração de um bom vinho depende de uvas de boa qualidade, as quais são resultantes de diversos fatores como adequadas condições edafoclimáticas, técnicas de cultivo (ALMANZA et al., 2010) e do equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e a capacidade produtiva das plantas (BORGHEZAN et al., 2010). Devido a isso, estudos ecofisiológicos relacionados à área foliar da videira são fundamentais para determinar a interceptação de luz, transpiração foliar, fotossíntese, competição ecológica, relações planta-água, cobertura foliar, ecossistema de cultivo e produtividade (BESLIC et al., 2010; COSTANZA et al., 2004; ROUPHAEL et al., 2010; SILVESTRONI et al., 2018).

O conceito de equilíbrio da planta, atualmente relatado na literatura como a questão chave para o cultivo da videira, refere-se à relação do crescimento vegetativo com a carga da planta, a fim de se obter safras constantes e de qualidade (HOWELL, 2001). Uma planta devidamente equilibrada tem crescimento vegetativo suficiente para fornecer nutrientes em

quantidades adequadas para completar a maturação da uva, desenvolver gemas frutíferas para o ano seguinte e armazenar reservas (LAKSO e SACKS, 2009). A área foliar da videira afeta diretamente o total de trocas gasosas e a transpiração (PONI et al., 2003; GIRONA et al., 2011) e, portanto, desempenha um papel central na determinação das relações fonte-dreno e água.

As interações fisiológicas entre os órgãos vegetais que exportam carboidratos, denominados de fontes, e os órgãos que demandam estes compostos, denominados drenos, são chamadas relações fonte-dreno. Esta relação pode ser manipulada aumentando ou diminuindo a força de fonte, ou seja, a taxa fotossintética da planta cultivada, ou a força de dreno, órgãos que demandam os fotoassimilados. Quando há excesso de vigor nas videiras, ocorre o aumento da distribuição de matéria seca para os órgãos vegetativos e redução da distribuição para os frutos (HEUVELINK, 1995; SCHVAMBACH et al., 2002; PEIL e GÁLVEZ, 2002). Enquanto que um incremento no número de frutos, aumenta a distribuição de fotoassimilados para aos mesmos, em detrimento da fração vegetativa, porém, reduz a fração para cada dreno, considerado individualmente (HEUVELINK, 1997).

No centro de um denso dossel de videira, a fotossíntese é pequena devido à baixa intensidade de luz, geralmente de 15 a $30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Isso ocorre devido à absorção ou reflexão da maior parte da radiação fotossinteticamente ativa pelas camadas exteriores das folhas (JACKSON, 2014). Uma folha normal de videira absorve cerca de 90% da radiação solar no espectro da luz visível, mas, caso houver sobreposição de três folhas, a terceira camada, considerada a mais sombreada, estará submetida abaixo do ponto de compensação luminosa (CHAMPAGNOL, 1984) quando, então, a energia gerada pela fotossíntese é igual à consumida pela respiração, ou seja, a folha deixa de ser exportadora de assimilados. Portanto, o menor crescimento vegetativo que ocorre em regiões com altitudes mais elevadas, devido às menores temperaturas, é desejável para diminuir os tratos culturais e manter a taxa fotossintética em níveis que sejam benéficos para a manutenção e o desenvolvimento das videiras.

A redução de folhas da videira favorece o aumento da eficiência fotossintética das folhas restantes, fenômeno este conhecido como “Crescimento Compensatório” (FOURNIOUX, 1997). Isto indica que o número de folhas pode ser variável em relação às variedades e condições de cultivo, sendo que a videira tem capacidade de suprir fisiologicamente a redução da área foliar até um determinado limite (PONI et al., 2001). As alterações da taxa fotossintética afetadas pela restrição da área foliar podem ser verificadas nos estudos de Petrie et al. (2000). A taxa fotossintética inicia com a captação da energia solar no

início da manhã, alcançando um nível máximo que se mantém até o final do dia, quando reduz drasticamente (PETRIE et al., 2003; SCHULTZ et al., 2009). A condutância estomática e a taxa fotossintética do dossel vegetativo acompanham a posição natural da energia solar, sendo mais elevada na região leste pela manhã e oeste durante a tarde (SCHULTZ et al., 2009). Estes autores também observaram que a região sombreada do interior do dossel apresenta valores inferiores aos do topo das plantas, sendo importante o controle do crescimento para evitar sombreamento e a perda de eficiência na captação de energia.

Até o estágio fenológico de baga ervilha, são as folhas basais adultas que contribuem com a maioria dos fotoassimilados para o desenvolvimento das bagas. Nas fases posteriores do ciclo, são as folhas dos terços médio e superior que se manifestam funcionalmente ativas com maior importância na produção de fotoassimilados e acumulação de constituintes dos cachos (HUNTER et al., 1995). Zufferey e Murisier (2000) concluíram que o perfil de evolução da atividade fotossintética das folhas apresenta valor máximo na floração e no estabelecimento das bagas; redução até o cacho fechado; estável ao longo da fase de pintor e redução durante a maturação das bagas. Na fase final do ciclo são as folhas dos ramos netos que mais contribuem para o potencial fotossintético da planta, dado que nessa fase as folhas estão mais ativas (CASTRO et al., 2005).

Entre 20 e 30 dias são necessários para a completa expansão da lâmina da folha, alcançando o seu máximo valor em área. A taxa de assimilação segue o mesmo padrão, sendo inicialmente baixa, com o ponto de compensação próximo aos 8 dias e, entre os 20 e 30 dias, atinge valores máximos (PONI, 2001). A partir deste momento, a taxa fotossintética vai reduzindo lentamente durante o envelhecimento das folhas. Em situações de baixo vigor, o raleio dos cachos é uma prática realizada visando melhorar a composição da uva e as características sensoriais dos vinhos (CHAPMAN et al., 2004). Em condições de elevado vigor, o manejo do dossel para controlar o excessivo crescimento vegetativo tem efeito significativo sobre a maturação das bagas (PONI, 2003) e na qualidade dos vinhos (KLIOWER e DOKOOZLIAN, 2005). Quando o excesso de folhas não é retirado, o desenvolvimento das plantas é afetado e a qualidade da uva fica comprometida, pela formação de um microclima com elevada umidade e baixa radiação (PETRIE et al., 2000, KLIOWER e DOKOOZLIAN, 2005; PONI, 2005). Entretanto, quando esta prática é realizada de forma muito intensa, as plantas podem utilizar de forma ineficiente a energia solar e observa-se redução na taxa total

de assimilação de CO₂ do dossel (HUNTER e ARCHER, 2002) e níveis de maturação incompleta (PONI et al., 2001).

O período de realização do manejo da área foliar pode ser entre a floração e a mudança de cor das bagas (REYNOLDS e WARDLE, 1989; VALDIVIESO, 2005), sendo que muitos autores recomendam esta prática durante a fase inicial do desenvolvimento dos frutos (PETRIE et al., 2003; INTRIERI et al., 2008) ou próximo à mudança de cor das bagas (PONI, 2003). A justificativa para despontar os ramos nesta época é que o crescimento vegetativo de brotações laterais tende a ser menor ou mesmo não se desenvolver, mantendo assim a área foliar desejada e reduzindo os custos de revisão do dossel (PONI, 2003). Entretanto, se realizada muito tardiamente, a retirada manual das feminelas pode ser dificultada pela lignificação dos tecidos, o que pode provocar danos aos ramos e folhas que permaneceram (SANTOS, 2006). Diversos estudos sobre o efeito do equilíbrio vegetativo e do manejo do dossel apresentam resultados positivos sobre a fotossíntese (PETRIE et al., 2003), sobre o desenvolvimento das plantas (MACCARRONE e SCIENZA, 1996; PETRIE et al., 2003), sobre a composição das bagas (PONI, 2003; HUNTER et al., 2004) e sobre as características sensoriais dos vinhos (CHAPMAN et al., 2004; KLIEWER e DOKOOZLIAN, 2005). Dentre esses, o mais conhecido é o Índice de Ravaz (IR), estimado a partir do peso fresco da uva na data da colheita e o peso fresco dos ramos durante a poda de inverno (RAVAZ, 1903).

Muitos autores concordam que os valores mais adequados de área foliar variam de 10 a 14 cm² por grama de uva (SMART e ROBINSON, 1991; JACKSON e LOMBARD, 1993; HUNTER, 2000; PETRIE et al., 2003; PONI, 2003; KLIEWER e DOKOOZLIAN, 2005). Entretanto, outros estudos demonstraram que a maturação da uva e o acúmulo de açúcares em níveis considerados adequados também foram observados com valores maiores que este referencial (DISEGNA et al., 2005; INTRIERI e FILIPPETTI, 2007; FREDES e BENNEWITZ, 2008). Segundo Kliewer e Dokoozlian (2005), o equilíbrio entre a superfície foliar e a produção da uva deve ser em média 0,8 a 1,2 kg de uva por m² de área foliar. Ainda Intrieri e Filippetti (2007), relatam que esse equilíbrio deve estar entre 1 a 1,5 kg de uva por m² de área foliar. Segundo Valdivieso (2005), o manejo da área foliar pode ser diferenciado de acordo com a variedade, sendo que, em média, o número de folhas por ramo deve permanecer entre 14 e 16 para possibilitar condições fotossintéticas mínimas e não comprometer a maturação das bagas.

Outros autores discordam desse valor, sendo que Poni et al. (2001) e Poni (2003) recomendam que tal número pode ser de 12 folhas por ramo sem comprometer a taxa fotossintética e a composição da uva. Segundo Winkler (1974) citado por Smithyman et al. (1997) e Reynolds e Wardle (1989), esse número pode ser ainda menor, afirmando que em ramos mantidos com 10 folhas é possível obter níveis adequados de maturação e acumulação de reservas para o próximo ciclo. Porém, os autores concordam que esse referencial pode se alterar de ano para ano. Assim, a partir da avaliação em diferentes anos do ciclo vegetativo, é possível acompanhar as variações em relação à fenologia, à produtividade e à qualidade da uva (VASCONCELOS e CASTAGNOLI, 2000; VAN LEEUWEN et al., 2007) e do vinho (MAIN e MORIS, 2004).

2.6 ALTITUDE, CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E O DESENVOLVIMENTO DA VIDEIRA

Conforme Tonietto e Mandelli (2003), a viticultura mundial destinada à agroindústria está, sobretudo, concentrada entre 30° e 50° de latitude Norte e entre 30° e 45° de latitude Sul. Os principais climas ocorrentes entre estes paralelos são do tipo temperado, mediterrâneo e climas com diferentes níveis de aridez. No Brasil, os tipos de clima presentes nas principais regiões vitivinícolas produtoras de vinhos finos, com uma colheita anual, são de tipo temperado e subtropical. Em escala global, as condições climáticas se alteram devido à latitude, longitude e altitude. A latitude influencia diretamente na duração do fotoperíodo e na intensidade da radiação solar recebida, a longitude representa principalmente a continentalidade/oceanidade e a altitude influencia nas mudanças no clima devido à pressão atmosférica (FRITZSONS et al., 2015). Alguns viticultores buscam obter condições mais favoráveis à viticultura em zonas de maior altitude, compensando, em certa medida, o efeito da latitude. Existem inúmeros estudos científicos que confirmam a existência de alterações fisiológicas, bioquímicas e morfológicas que ocorreram na planta de videira exposta a determinadas condições ambientais, típicas da maioria dos vinhedos de altitude (FREGONI, 1979; IACONO, 1993; COSTACURTA, 1988; SPAYD et al., 2002; RAPCHA, 2004; FONTENEAU, 2005; SHI, 2006; KELLER, 2010; BERLI, 2010).

A região de elevada altitude de Santa Catarina (SC) tem como característica apresentar ciclos fenológicos mais longos, quando comparados com outras regiões vitícolas do Brasil (BRIGHENTI et al., 2013), associada à grande disponibilidade de radiação solar e baixas

temperaturas noturnas, permitem uma maturação mais completa (GRIS et al., 2010; MALINOVSKI et al., 2012), produzindo uvas com maior qualidade enológica, em especial pela sua intensa coloração, aroma e acidez (BORGHEZAN et al., 2014; MARCON FILHO et al., 2015; MALINOVSKI et al., 2012). Em condições de temperatura mais amena durante o período de maturação, a acidez pode ser mais intensa em virtude da menor degradação principalmente do ácido málico (COSME et al., 2016). O ciclo mais prolongado possibilita que a colheita ocorra em uma época onde, historicamente, os índices pluviométricos são menores em comparação aos meses de vindima de outras regiões tradicionalmente produtoras, permitindo, com isso, uma maturação com maiores teores de compostos fenólicos, sanidade e qualidade enológica (WURZ et al., 2017).

Em videiras, a temperatura das folhas e bagas exteriores são afetadas majoritariamente pela radiação, ao passo que as folhas e bagas no interior do dossel estão mais próximas da temperatura do ar. A altitude diferencia os vinhedos quanto à quantidade e à intensidade da radiação solar disponível, sendo maior em regiões de altitudes elevadas em consequência da menor massa de ar (GAVIOLI, 2011). Uma folha totalmente exposta à radiação solar, dependendo da temperatura do ar, aumentaria entre 1°C a 2°C por segundo caso não houvesse dissipação de calor para o ambiente. A dissipação de calor é principalmente proporcionada pela movimentação do ar e pela evaporação da água libertada pelos estômatos através da transpiração (GRANT et al., 2007). Mesmo com maior incidência e quantidade de radiação em locais com altitudes mais elevadas, a temperatura no dossel é mais baixa do que em altitudes menores devido à menor temperatura do ar ambiente e à maior velocidade do vento em regiões mais elevadas. A movimentação do ar pode alterar o microclima do vinhedo e a temperatura do ar em torno da videira pode ser até 10°C mais frio em ambientes com maiores velocidades do vento e com ventos que apresentam temperaturas mais reduzidas.

A temperatura influencia vários fatores como a absorção de dióxido de carbono (GEIGER e SERVAITES, 1991), a taxa fotossintética (HENDRICKSON et al., 2004) e a abertura dos estômatos (SADRAS e SOAR, 2009; SADRAS et al., 2012). Na etapa química da fotossíntese, todas as reações são catalisadas por enzimas e essas têm a sua atividade influenciada pela temperatura. À medida em que a temperatura se eleva, ocorre um incremento na taxa fotossintética, sendo que, de modo geral, a elevação de 10°C na temperatura duplica a velocidade das reações químicas. A taxa de fotossíntese estende-se na maioria das plantas C3

entre uma faixa de temperatura de 20 a 30°C, no entanto, os maiores ganhos fotossintéticos são em torno de 25°C (GREER e WEDDON, 2012).

Entretanto, é cada vez mais reconhecido que altas temperaturas têm efeitos negativos na fotossíntese das espécies C3 (LAWSON et al., 2014; TESKEY et al., 2015). As temperaturas extremas acima de 35°C, registradas no abrigo meteorológico, que corresponde a temperaturas acima de 40°C sob o sol, são chamadas temperaturas “negativas” para a videira, porque inibem ou mesmo bloqueiam processos fisiológicos e bioquímicos. Em elevadas temperaturas, a fotossíntese tende a reduzir, devido à instabilidade térmica das enzimas, dessecação do tecido e fechamento dos estômatos (ALBUQUERQUE, 2004). Em situações extremas, dependendo da quantidade de calor nas folhas e tempo de exposição, a temperatura pode causar danos fotossintéticos, tanto em nível enzimático, desestruturando ou desnaturando as enzimas envolvidas no processo de fixação de CO₂, como no nível dos fotossistemas, ocasionando a fotoinibição ou fotodestruição (SIEBKE et al., 2002).

A temperatura do ar normalmente decresce com a elevação da altitude e esta taxa de arrefecimento ocorre, pois, uma massa de ar seco em ascensão está sujeita a pressão cada vez menor, expandindo seu volume e diminuindo a temperatura, isto é, transformando energia térmica em energia potencial. Como este gradiente térmico depende da saturação do ar, o decréscimo da temperatura média com a altitude se situa em torno de 1°C a cada 180 metros, segundo o gradiente adiabático do ar seco (DURY, 1972). Trabalhos mostram que para cada aumento de 100 m de altitude, pode haver atraso de 1 a 2 dias na brotação e de 1 a 4 dias na maturação dos cachos (EMBRAPA, 2016).

Portanto, a fenologia da videira pode variar em razão das condições climáticas de cada região, ou em uma mesma região em virtude das variações estacionais do clima ao longo da safra e devido ao genótipo. A duração das fases fenológicas depende principalmente da disponibilidade térmica de cada região, tendo a temperatura do ar grande relação com o início da brotação e a fase do florescimento (LEÃO e SILVA, 2004). O mesmo genótipo cultivado em diferentes ambientes pode apresentar desempenhos distintos, devido à interação genótipo x ambiente. Dessa forma, conhecer as características climáticas, a fenologia e exigência térmica para completar os estádios fenológicos são indispensáveis para determinar a adaptação de novos genótipos de videira em regiões de cultivo e também do potencial vitícola de novas regiões (EIBACH e TÖPFER, 2015; CONSTANTINESCU, 1967; HUNTER e BONNARDOT, 2011). Outro fator importante a ser conhecido é a quantidade de energia de que as plantas necessitam

para completar seu ciclo de desenvolvimento. Essa quantidade constante de energia é denominada unidade térmica ou soma térmica, normalmente expressa em graus-dia. A soma térmica é um método muito utilizado para contabilizar o desenvolvimento de culturas, pois leva em conta o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento vegetal, a qual é um dos principais fatores ecológicos que governam o desenvolvimento de plantas (STRECK et al., 2005).

A temperatura do ar influencia praticamente todos os processos fisiológicos da planta e apresenta efeitos diversos sobre a videira, variáveis em função das diferentes fases do ciclo vegetativo ou de repouso da planta (GHINI et al., 2011). A videira, como toda a espécie de clima temperado, apresenta um período de repouso vegetativo, quando ocorre a queda gradativa das folhas até o inchamento das gemas, e um período de intensa atividade vegetativa, caracterizada por brotação, floração, frutificação e maturação, as quais são fases do ciclo anual, tendo a temperatura um papel crucial (BACK et al., 2013). No repouso vegetativo as temperaturas mínimas têm um papel preponderante, visto que as ocorrências de geadas outonais precoces aceleram a queda das folhas e o fim do ciclo vegetativo da planta, podendo reduzir o acúmulo de carboidratos de reserva para o próximo ciclo.

De acordo com Rosier (2018), apesar do deslocamento do ciclo vegetativo nas regiões de altitude, para épocas onde as temperaturas são mais baixas, normalmente o incremento de temperatura no mês de setembro é suficiente para dar partida às atividades metabólicas da brotação. Os brotos podem aumentar sua velocidade de crescimento em qualquer época, desde que haja calor suficiente e abundância de umidade no solo. Entretanto, temperaturas abaixo de 10°C limitam o crescimento, induzindo desta forma a videira a entrar num período de repouso vegetativo. Em clima com maior altitude, as brotações ocorrem, normalmente quando, entre baixas temperaturas, ocorre uma janela de dias mais quentes, desencadeando o processo, principalmente nas variedades mais precoces (ROSIER, 2018). Neste caso, são as temperaturas mínimas durante a primavera que influenciam de forma decisiva na produtividade e na qualidade da futura colheita. Entre os riscos, existem as geadas tardias, as quais podem ocorrer até no mês de novembro em alguns anos, queimando jovens brotos, folhas e flores, reduzindo de forma drástica a produção. Por outro lado, os benefícios da ocorrência de baixas temperaturas na primavera, em anos sem extremos de temperatura que causam geada, é que a mineralização da matéria orgânica dos solos é reduzida, influenciando benéficamente com um menor crescimento vegetativo, propiciando a ocorrência de entrenós curtos, películas das uvas mais espessas e menor incidências de ataques de fungos (ROSIER, 2018).

Devido às baixas temperaturas noturnas nos locais mais elevados, a floração é retardada e tem seu período alongado, atrasando o início da *véraison* assim como a maturação completa, que pode ocorrer de 30 a 48 dias após a maturação das uvas nos locais com menores altitudes. Para algumas variedades, a ocorrência de temperaturas baixas durante a floração provoca o abortamento floral reduzindo a produtividade mesmo sem a ocorrência de geada. A precipitação em excesso durante o ciclo também pode acarretar prejuízos para a floração, diminuindo a polinização pela dificuldade de queda da caliptra (DOKOOZLIAN, 2000). As condições climáticas do período de floração são determinantes para a sanidade da uva, pois durante este período a infecção por fungos é favorecida pela abertura do estigma floral, sendo a água livre e a alta umidade fatores potencializadores das infecções. Neste caso, quando ocorre a infecção por *Botrytis cinerea*, por exemplo, este pode permanecer latente até a maturação, quando encontra condições propícias ao seu desenvolvimento (LIMA et al., 2009). Em anos de baixa frutificação, estão atribuídos a fatores ambientais adversos durante a floração, principalmente variações na temperatura. Para uma boa frutificação as temperaturas ideais se encontram entre 20°C a 30°C (MAY, 2000).

A amplitude térmica, normalmente maior nas altitudes mais elevadas, é, da mesma maneira, um fator importante na fisiologia vegetal, pois influencia o equilíbrio fotossintético e respiratório da planta e, conseqüentemente, o acúmulo energético, estando diretamente relacionada à biossíntese de compostos fenólicos (GONZÁLEZ-NEVES et al., 2007). A síntese de compostos fenólicos está ligada ao metabolismo dos açúcares e do nitrogênio, os quais têm relação direta com a fotossíntese. Depois da *véraison*, ocorrem profundas mudanças metabólicas, como a redução da glicólise, iniciando o acúmulo de açúcares. Quando os açúcares são armazenados, ocorrem vias metabólicas alternativas para o acúmulo dos compostos fenólicos. A glicólise, via piruvato, é uma delas, sendo também responsável pelo desenvolvimento vegetativo (ROSIER, 2018).

A ocorrência de baixas temperaturas induz a uma variação hormonal no metabolismo, que passa também a atuar pela via das pentoses, fazendo com que a fenilalanina contribua para a formação da fenilalanina-amonialíase (PAL), enzima ligada ao aparecimento da coloração durante a *véraison*. A ação desta enzima participa do deslocamento da via metabólica, que antes proporcionava o crescimento vegetativo, para via do ácido cinâmico, direcionando a energia para a formação de lignina para reservas e para a chalcona, precursor dos taninos, flavonoides e antocianidinas, que, sem o crescimento vegetativo, recebem sua cota de energia de forma

redobrada, via glicólise e via pentose (ROSIER, 2018). Em locais com altitudes menores, em que as temperaturas elevadas favorecem o crescimento vegetativo paralelamente a tal fenômeno, a *véraison* ocorre mais cedo, proporcionando um período de maturação reduzido, com menor acúmulo de substâncias interessantes à composição dos mostos. As temperaturas amenas influenciam no metabolismo da videira, retardam o amadurecimento dos frutos e permitem uma maturação com maiores acúmulos de açúcares, substâncias fenólicas e precursores de aromas (GRIS et al., 2010).

Além da temperatura, a disponibilidade hídrica é um fator determinante no desenvolvimento das videiras. Para a videira interfere não somente a quantidade de chuvas, mas sua intensidade e o número de dias ou de horas em que ela ocorre. As chuvas de inverno têm pouca influência sobre a videira, mas são importantes para as reservas hídricas do solo, necessárias para o início do ciclo vegetativo da videira. Durante a primavera, as chuvas são importantes para o desenvolvimento da planta, porém, quando em excesso, favorecem a ocorrência de algumas doenças fúngicas da parte aérea. De uma maneira geral, devido às condições sul-brasileiras médias de precipitação elevadas durante a fase de maturação das uvas, verifica-se com frequência a colheita antecipada das uvas, em relação ao ponto ótimo de colheita. Essa prática adotada pelo viticultor para evitar perdas de colheita causadas por podridões do cacho impõe limites à qualidade das uvas destinadas à agroindústria (TONIETTO e MANDELLI, 2003).

Além das inundações periódicas na primavera, o suprimento de água excessivamente abundante durante a estação de crescimento é uma situação que preocupa principalmente regiões costeiras e áreas no lado de barlavento das cadeias de montanhas, bem como algumas regiões subtropicais, tropicais e temperadas que sofrem chuvas frequentes no verão. A maioria das áreas brasileiras de cultivo de uvas sofre com o fato de que a estação chuvosa coincide com a estação de crescimento. A ocorrência de chuvas no início do ciclo favorece o ataque de fungos, principalmente nas folhas jovens e, durante a floração, dificulta a fecundação e causa o aborto das flores (TEIXEIRA et al., 2010). Elevada precipitação durante o período de florescimento causa falhas na frutificação, durante a maturação causa apodrecimento dos frutos e perda de qualidade. A precipitação em excesso pode diminuir as taxas fotossintéticas devido à cobertura de nuvens e ao aumento do vigor da parte aérea, causando a redução da incidência da radiação no dossel. O clima úmido pode apresentar restrições, tanto do ponto de vista fitossanitário, quanto da maturação das uvas (TONIETTO e CARBONNEAU, 1999), porém, pode ser uma

oportunidade para o plantio de videiras resistentes a doenças fúngicas e a obtenção de vinhos brancos ou tintos com tipicidade próprias.

O uso total de água de uma videira ao longo de uma estação de crescimento em clima frio ou estação curta varia de 300 a 600 mm, dependendo da variedade, densidade de plantio, tamanho e configuração do dossel e padrões sazonais de temperatura. O uso da água da videira em um clima quente com estações de crescimento mais longas varia aproximadamente de 400 a 800 mm (EVANS et al., 1993; WILLIAMS, 2014). Segundo Van Leeuwen (2010), a precipitação anual das principais regiões produtoras de uva do mundo varia de 300 a 1.000 mm. Existem regiões que produzem, sem irrigação, com precipitação pluviométrica de apenas 250 mm a 350 mm no período que vai da brotação até a maturação das uvas. A demanda hídrica da videira varia em função das diferentes fases do ciclo vegetativo. Para a determinação de suas necessidades hídricas deve-se considerar, também, o tipo e a cobertura do solo. De um modo geral, para a sobrevivência e o crescimento da videira, são necessários 150 a 300 mm de precipitação no inverno e 250 a 350 mm durante as fases de brotação e início da maturação, desde que estejam bem distribuídos durante esses períodos. No sul do Brasil, todos os estados apresentam chuvas acima do limite mínimo de desenvolvimento, e o fator limitante para o cultivo pode ser a precipitação excessiva (GIOVANNINI e MANFROI, 2009). Visto que a precipitação elevada está diretamente relacionada à incidência de doenças fúngicas, o cultivo de variedades resistentes é uma alternativa de plantio em regiões com excesso de disponibilidade hídrica.

2.7 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O CULTIVO DA VIDEIRA

A produção agrícola futura enfrentará desafios multifacetados decorrentes das mudanças climáticas globais. As concentrações atmosféricas de CO₂ e vários outros gases radiativamente ativos estão aumentando, e os modelos do sistema terrestre preveem mais aquecimento global acima dos aumentos de temperatura já observados (COLLINS et al., 2013). As temperaturas médias da superfície terrestre já aumentaram mais de 1°C no último século (HARTMANN et al., 2013) e se espera que aumentem ainda mais (COLLINS et al., 2013). Espera-se que as temperaturas nas áreas terrestres do planeta aumentem mais rapidamente do que a média global, com regiões específicas experimentando aumentos entre 3 e 4°C até meados do século. Desde 2000, o acúmulo de gases de efeito estufa acelerou a taxas sem precedentes,

excedendo o cenário de emissão mais agressivo (PETERS et al., 2013) e potencialmente levando ao aquecimento no limite mais alto ou acima do intervalo previsto.

Uma das mais importantes realizações do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) foi a divulgação de um conjunto de cenários de emissão de gases de efeito estufa, conhecidos como cenários SRES (*Special Report on Emissions Scenarios*), que levam em consideração forçantes controladoras, como demografia, desenvolvimento socioeconômico, mudança tecnológica, bem como suas interações. Assim, foram definidas quatro famílias de cenários: A1, A2, B1 e B2, que constituem referências com relação às emissões futuras de gases de efeito estufa (IPCC, 2000).

O enredo e a família de cenários A1 descrevem um futuro de crescimento econômico muito rápido, população global que atinge o pico em meados do século e diminui depois disso e a rápida introdução de tecnologias novas e mais eficientes. Os principais temas subjacentes são a convergência entre as regiões, a capacitação e o aumento das interações culturais e sociais, com uma redução substancial das diferenças regionais na renda per capita. A família de cenários A1 se desenvolve em três grupos que descrevem direções alternativas de mudança tecnológica no sistema de energia. Os três grupos A1 se distinguem por sua ênfase tecnológica: intensiva em fósseis (A1FI), fontes de energia não fósseis (A1T) ou um equilíbrio entre todas as fontes (A1B) (IPCC, 2000). O enredo A2, considerado o mais pessimista, e a família de cenários descrevem um mundo muito heterogêneo. O tema subjacente é a autoconfiança e a preservação das identidades locais. Os padrões de fertilidade entre as regiões convergem muito lentamente, o que resulta no aumento contínuo da população global. O desenvolvimento econômico é principalmente orientado regionalmente e o crescimento econômico per capita e a mudança tecnológica são mais fragmentados e mais lentos do que em outras histórias (IPCC, 2000).

O enredo B1, considerado o mais otimista, e a família de cenários descrevem um mundo convergente com a mesma população global que atinge o pico em meados do século e diminui depois, como no enredo A1, mas com mudanças rápidas nas estruturas econômicas em direção a uma economia de serviços e informações, com reduções na intensidade material, e a introdução de tecnologias limpas e eficientes em termos de recursos. A ênfase está em soluções globais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental, incluindo maior equidade, mas sem iniciativas climáticas adicionais (IPCC, 2000). Ao passo que a família de histórias e cenários B2 descreve um mundo em que a ênfase está em soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental. É um mundo com população global em crescimento contínuo a

uma taxa inferior a A2, níveis intermediários de desenvolvimento econômico e mudanças tecnológicas menos rápidas e mais diversificadas do que nas histórias B1 e A1. Embora o cenário também seja orientado para a proteção ambiental e a equidade social, ele se concentra nos níveis local e regional (IPCC, 2000).

Devido às alterações recentes na temperatura, aumentou a preocupação com o impacto que as mudanças climáticas de longo prazo podem ter sobre a agricultura (PATHAK et al., 2018; IPCC, 2019), já que o clima é o principal determinante da produtividade. A adequação da temperatura na produção de videiras é comumente usada como um indicador de impactos climáticos para compreender o clima e as condições futuras que podem impactar os sistemas humanos e naturais (DIFFENBAUGH e SCHERER, 2012). Em vários estudos foi registrada uma diversidade na resposta fenológica de variedades de videira com potencial de utilização na adaptação às mudanças climáticas. Com os humanos acelerando a taxa dos processos climáticos e das mudanças climáticas (IPCC, 2014), as temperaturas estão aumentando, a precipitação está sendo alterada e a variabilidade interanual está desaparecendo, o que produz episódios extremos com mais frequência. Este fenômeno provoca alterações na fenologia da videira (MALHEIRO et al., 2013), nos padrões de distribuição de pragas e doenças (ILTIS et al., 2018) e até no aparecimento de novas pragas, reduzindo assim a produtividade e qualidade do vinho (FRAGA et al., 2017).

Além disso, estudos examinaram o impacto do aquecimento global na classificação das regiões vinícolas e encontraram mudanças significativas em regiões adequadas para cenários de meados e final do século 21 (MONTEVERDE e DE SALES, 2020). Se essas mudanças climáticas forem analisadas em conjunto com a sensibilidade da *V. vinifera* às variações climáticas, o zoneamento das culturas varia e elas se deslocarão para áreas onde as temperaturas se adaptem às suas necessidades (SILVA et al., 2017). Em áreas que atualmente possuem grandes extensões de *V. vinifera*, a produção diminuirá, dando origem a perdas socioeconômicas significativas no setor vitivinícola em muitas regiões. Portanto, a previsão de áreas que não são mais ótimas e que serão aptas ao cultivo em poucos anos é muito importante para que este setor inicie o plantio de variedades que suportem as condições climáticas iminentes (HIDALGO, 1993).

Cada incremento de 1°C na temperatura média adiciona 214 graus-dia de desenvolvimento (GDD) à estação de cultivo padrão (KELLER, 2020). Portanto, se assumirmos um aumento médio de 1,5°C, as unidades de calor acumuladas aumentariam em

321 GDD e um aumento de 2,5°C adicionaria 535 GDD às unidades de aquecimento atuais. Esta estimativa simples mostra que o aumento projetado na temperatura associado à mudança climática global (IPCC, 2007) provavelmente mudará várias das regiões de crescimento do mundo para a próxima região superior de Winkler e que essa mudança afetará a maioria das regiões em 2050. Temperaturas mais quentes podem acelerar o tempo fenológico em 1–2 meses e proporcionar brotação, floração, mudança de cor e colheita mais adiantadas (KELLER, 2010; CAHILL et al., 2007; COSTA et al., 2016; FRAGA et al., 2016). A consequência dessa mudança pode ter um impacto substancial na química da baga, incluindo açúcares elevados, menores concentrações de ácido e menores antocianinas, produzindo vinhos potencialmente desequilibrados (KELLER, 2010; JONES e ALVES, 2012; DUCHÊNE, 2016). Níveis elevados de açúcar podem aumentar a concentração de álcool, enquanto antocianinas mais baixas podem reduzir a intensidade da cor em vinhos tintos, impactando as propriedades aromáticas (KELLER, 2010; MIRA DE ORDUÑA, 2010).

Nemani et al. (2001) afirmam que o aquecimento observado nos anos de 1951 a 1997 determinou alteração generalizada na frequência de geadas, na demanda evaporativa e na duração do ciclo da videira cultivada na Califórnia. Muitas destas modificações climáticas são vistas como vantajosas para a viticultura; no entanto, esses mesmos autores salientam que essas modificações climáticas podem não continuar a ser benéficas para a indústria vinícola devido à possibilidade de aumento de pragas e doenças. Segundo Jones e Goodrich (2008), o aquecimento observado nos últimos 50 anos trouxe benefícios para muitas regiões vitícolas, tal como a redução de geadas. Estes benefícios são mais evidentes nas regiões de climas frios. Por outro lado, nas regiões vitícolas mais quentes e mais secas, houve necessidade de maiores investimentos para a irrigação, aumentando assim os custos de produção.

Tendo em vista as mudanças climáticas globais, para levar em consideração os efeitos da temperatura sobre o crescimento e a produtividade das plantas, devem ser também avaliadas as possíveis interações entre a temperatura e a concentração de CO₂ na atmosfera. Além das temperaturas, estima-se que, como as emissões de carbono também continuarão a aumentar, alguns cientistas começaram a considerar como o mundo poderá atingir a meta de limitar o aumento da temperatura global de 2°C dos níveis pré-industriais. Como precaução, devemos começar a planejar como nos adaptar a um aumento de 4°C (KLEINER, 2010). A concentração atmosférica de CO₂ atualmente é de cerca de 400 ppm, mas está aumentando, como resultado das atividades humanas, e está projetado um aumento para 700 ppm antes do final do século

XXI. O fluxo de CO₂ entre as plantas e a atmosfera pela fotossíntese e a respiração é muito maior do que o fluxo de CO₂ para a atmosfera, causado pela queima de combustíveis fósseis. Portanto, os efeitos de concentrações elevadas de CO₂ na respiração vegetal influenciarão fortemente as futuras mudanças climáticas globais (IPCC, 2014).

Estudos de laboratório mostraram que 700 ppm de CO₂ não inibiram diretamente a respiração vegetal, mas medições em ecossistemas inteiros indicam que a respiração por unidade de biomassa pode diminuir com o aumento nas concentrações de CO₂. O mecanismo por trás desse último efeito ainda não está claro, e hoje não é possível prever integralmente a importância potencial das plantas como um dreno para o CO₂ antropogênico (TAIZ e ZEIGER, 2011). O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera pode afetar os processos biológicos em diferentes níveis de organização (MOONEY et al., 1999), sendo que os controles fisiológicos e ecológicos são os estudados há mais tempo (WARD e STRAIN, 1999).

Há trabalhos que demonstram que o aumento do CO₂ para 700 ppm age sobre mecanismos fisiológicos causando interferência no vigor das videiras, levando a um aumento médio de 25% na fotossíntese, 12% na altura, 49% na biomassa e 20% de redução na condutância estomática (AINSWORTH e LONG, 2005). Em algumas respostas fisiológicas, os efeitos da elevada concentração de CO₂ sobre as plantas interagem com a temperatura reduzindo seus efeitos negativos (DIAS DE OLIVEIRA et al., 2013) ou compensando os efeitos negativos da deficiência hídrica (MCMURTRIE et al., 2008; REICH et al., 2014). O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera aumenta a quantidade de carbono que adentra a câmara subestomática. Isso ameniza os efeitos do fechamento estomático causado pelo aumento do déficit de pressão de vapor ou até mesmo pela falta de água. Além disso, incrementa a concentração de substrato para carboxilação da Rubisco, o que aumenta o ganho líquido de carbono (MARTINEZ et al., 2015).

2.8 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O IMPACTO SOBRE AS DOENÇAS A QUE AS VARIEDADES ESTUDADAS SÃO RESISTENTES

Trabalhos pioneiros relacionados a mudanças climáticas assumiram incrementos constantes de temperatura, precipitação ou outras variáveis climáticas. Porém, o desenvolvimento e a disponibilização de modelos climáticos globais, conhecidos como GCM - *General Circulation Models*, tornaram possível a aplicação desses incrementos espacializados

para a avaliação de risco de ocorrência de doenças. Os GCM quantificam o comportamento dos compartimentos climáticos, como atmosfera, oceanos, vegetação, solos e suas interações, permitindo estimar as variáveis climáticas como temperaturas média, máxima, mínima e precipitação, para os diversos cenários de emissões de gases de efeito estufa estabelecidos pelo IPCC (2007). A alteração atmosférica, além de intensificar o fenômeno do efeito estufa, pode afetar o comportamento de algumas plantas e microrganismos de interesse agrícola. O CO₂, por ser um componente básico da fotossíntese, em alta concentração, pode causar alterações na morfologia e nos processos fisiológicos das plantas, assim como na interação destas com fitopatógenos. As alterações no metabolismo e processos fisiológicos do hospedeiro podem resultar em mudanças na predisposição da planta, sendo este e outros mecanismos pouco elucidados (MANNING e TIEDEMANN, 1995; GHINI, 2005).

O míldio e o oídio estão entre as principais doenças em videiras encontradas no Brasil (BARBOSA et al., 2016). O míldio, causado por *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt; Berl. & De Toni), é uma das doenças mais prejudiciais à viticultura, por provocar o apodrecimento de inflorescências, gemas e brotos, a redução da fotossíntese das folhas afetadas e a desfolha prematura, reduzindo a produtividade e a qualidade dos frutos (HOLCMAN e SENTELHAS, 2021). Ele é dependente da disponibilidade de água; assim, sua intensidade é maior em regiões e períodos do ano que apresentam frequência de chuvas e alta umidade relativa, com longos períodos de molhamento de folhas e frutos (MADDEN et al., 2000), além de temperaturas médias elevadas, criando um ambiente favorável ao patógeno (ALMANÇA et al., 2015). Ele causa sérios prejuízos à viticultura, em regiões com alta precipitação, principalmente no final da primavera e no verão. A temperatura ótima para o desenvolvimento do patógeno situa-se entre 20°C e 25°C e a umidade ótima acima de 95%. É necessário que ocorra condensação da água, ou seja, água livre por um período mínimo de duas horas para haver novas infecções (LAVIOLA, 1964).

Em um cenário futuro de mudanças climáticas, o míldio da videira continuará tendo grande importância em relação às demais doenças. Estima-se acréscimo da sua importância durante toda a safra dos vinhedos localizados nas regiões do Planalto Catarinense e do Vale do Rio do Peixe, com maior pressão da doença de outubro a fevereiro, resultante de temperaturas mais elevadas associadas às altas precipitações pluviométricas em relação ao restante do ano (GHINI et al., 2011). Salinari et al. (2006) utilizaram GCM para avaliar a pressão da doença, definida como o número de aplicações de fungicidas necessárias para o seu controle. Como

verificaram que aumentará a pressão da doença mundialmente, concluíram que haverá a necessidade de aumentar igualmente o número de pulverizações com fungicidas.

Fatores ambientais como umidade, temperatura, precipitação e ponto de orvalho estão relacionados à esporulação e disseminação de esporos de oídio (*Erysiphe necator*) e míldio (*Plasmopara viticola*) (MARTÍNEZ-BRACERO et al., 2019). Nas infecções fúngicas da videira, a umidade relativa desempenha um papel crucial na capacidade de causar doenças de patógenos, germinação de esporos, conidiação, crescimento micelial e produção de micotoxinas (SOLAIRAJ et al., 2021). O fungo *Erysiphe necator* [Schwein.] Burr. (anteriormente *Uncinula necator*), que causa o oídio, é incapaz de infectar espécies de plantas que não pertencem à família Vitaceae (QIU et al., 2015). No entanto, é indiscutivelmente o patógeno das videiras mais difundido e mais consistentemente prejudicial. Isso ocorre porque, ao contrário de *P. viticola*, *E. necator* requer apenas 40% de umidade relativa para germinar, um limite que é facilmente alcançado na superfície inferior das folhas transpirantes, mesmo se o ar circundante for muito mais seco (KELLER et al., 2003).

Os principais danos, quando ocorrem, se originam da incidência do fungo sobre as bagas, provocando rachaduras e, posteriormente, podridões dos cachos. Quando ataca as folhas, reduz a área fotossintética. A taxa de desenvolvimento do fungo acelera até um ótimo de aproximadamente 85% de umidade e 25°C, mas chuvas frequentes, especialmente chuvas fortes, e temperaturas fora da faixa de 10 a 32°C limitam seu desenvolvimento. Temperaturas acima de 35°C o matam imediatamente (CARROLL e WILCOX, 2003). O fungo *E. necator* pode colonizar todas as superfícies verdes das plantas, mas prospera na sombra e frequentemente se desenvolve no interior de copas densas. Além da influência da umidade do ar, este efeito de sombra parece estar relacionado à ausência de luz ultravioleta, que é efetivamente filtrada pela epiderme das folhas (KELLER et al., 2003). Consequentemente, a severidade do oídio nos cachos e nas folhas da uva tende a aumentar conforme sua exposição à luz solar diminui (AUSTIN e WILCOX, 2011). Nas regiões do Planalto Catarinense e do Vale do Rio do Peixe também se espera acréscimo na incidência nos meses de outubro a dezembro, época de ocorrência normal da doença (GHINI et al., 2011).

3 CAPÍTULO 2

Ecofisiologia de variedades PIWI cultivadas em três altitudes do estado de Santa Catarina, Brasil

RIZZOLO, R. G. et al., 2022. Ecofisiologia de variedades PIWI cultivadas em três altitudes do estado de Santa Catarina, Brasil

Ecofisiologia de variedades PIWI cultivadas em três altitudes no estado de Santa Catarina, Brasil

Resumo – Mundialmente, as condições climáticas se alteram devido a latitude, longitude e altitude. A latitude influencia diretamente na duração do fotoperíodo e na intensidade da radiação solar recebida, a longitude representa principalmente a continentalidade/oceanidade e a altitude influencia nas mudanças no clima devido à pressão atmosférica. Alguns viticultores buscam obter condições mais favoráveis à viticultura em zonas de maior altitude, compensando, em certa medida, o efeito da latitude. Existem inúmeros estudos científicos que confirmam a existência de alterações morfológicas e fisiológicas que ocorreram na planta de videira exposta a determinadas condições ambientais, típicas da maioria dos vinhedos de altitude. Por conseguinte, o objetivo deste trabalho foi realizar avaliações climáticas em diferentes altitudes e suas interações com o desenvolvimento de variedades resistentes a doenças fúngicas. Foram estudadas as variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia, videiras brancas resistentes a doenças fúngicas, cultivadas em Água Doce (1329 metros), Curitiba (1000 metros) e Videira (774 metros), municípios do estado de Santa Catarina, Brasil, durante as safras 2018/19 e 2019/20. As análises compreenderam dados climáticos, fotossíntese líquida (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), carbono interno (C_i), rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m), *quenching* não-fotoquímico (NPQ), rendimento quântico efetivo do fotossistema II ($\Delta F/F_m'$), taxa aparente de transporte de elétrons (ETR), área foliar (AF), número e peso de cachos, Índice de Ravaz, sólidos solúveis (SS) e acidez total (AT). Em comparação ao cultivo na altitude de 774 metros, a altitude de 1329 metros proporcionou diminuição total média de 4,28°C nas temperaturas, de 99% no NPQ, 30% na AF, 4,65% no peso dos cachos e 15% na AT; e incremento total médio de 144,70W.m⁻² na radiação, 13,5Km.h⁻¹ na velocidade do vento, 17% na A , 81% na g_s , 9% na E , 8% na C_i , 8% no F_v/F_m , 14% no $\Delta F/F_m'$, 45% na ETR, 19% no número de cachos e 9% nos SS. Conclui-se que há adaptação às condições de cultivo, porém estão fortemente reguladas pela altitude e variações no clima, sendo que a maior altitude proporciona condições climáticas mais favoráveis ao desenvolvimento das variedades estudadas.

Termos para indexação: vigor, trocas gasosas, resistência a doenças.

Abstract - Worldwide, climatic conditions change due to latitude, longitude, and altitude. Latitude directly influences the duration of the photoperiod and the intensity of solar radiation received, longitude mainly represents continentality/oceanity and altitude influences changes in climate due to atmospheric pressure. Some winegrowers seek to obtain more favorable conditions for viticulture in higher altitude areas, compensating, to a certain extent, the effect of latitude. Numerous scientific studies confirm the existence of morphological and physiological changes that occurred in the vine plant exposed to certain environmental conditions, typical of most altitude vineyards. Therefore, the objective of this work was to carry out climatic assessments at different altitudes and their interactions with the development of varieties resistant to fungal diseases. The aim of this work was to carry out climatic assessments at different altitudes and their interactions with the development of varieties resistant to fungal diseases. The varieties Aromera, Calardis Blanc, and Felicia were studied, white vines resistant to fungal diseases, cultivated in Água Doce (1329 meters), Curitibanos (1000 meters), and Videira (774 meters), cities in the state of Santa Catarina, during 2018/19 and 2019/20. The analyzes included climatic data, net photosynthesis (A), stomatal conductance (g_s), transpiration (E), internal carbon (C_i), maximum quantum yield of photosystem II (Fv/Fm), non-photochemical quenching (NPQ), yield effective quantum of photosystem II ($\Delta F/Fm'$), apparent electron transport rate (ETR), leaf area (AF), number and weight of bunches, Ravaz Index, soluble solids (SS) and total acidity (TA). Compared to cultivation at an altitude of 774 meters, the altitude of 1329 meters provided a total average decrease of 4.28°C in temperatures, 99% in NPQ, 30% in AF, 4.65% in bunch weight, and 15% in ATT; and average total increment of 144.70 W.m⁻² in radiation, 13.5Km.h⁻¹ in wind speed, 17% in A, 81% in g_s , 9% in E, 8% in C_i , 8% in Fv/Fm, 14% in the $\Delta F/Fm'$, 45% in the ETR, 19% in the number of bunches and 9% in the SS. It is concluded that there is an adaptation to growing conditions, but they are strongly regulated by altitude and variations in climate, with higher altitude providing more favorable climatic conditions for the development of the studied varieties.

Index terms: vigor, gas exchange, disease resistance.

Introdução

Os vinhedos localizados em altitudes mais elevadas são beneficiados por maior amplitude térmica (Wurz et al., 2017), menor mineralização da matéria orgânica dos solos (Rosier, 2018) e maior quantidade e intensidade de radiação solar (Berli et al., 2015). Essas condições proporcionam benefícios por meio de um prolongamento do ciclo de cultivo, influenciando no equilíbrio fotossintético e respiratório das plantas e no menor crescimento vegetativo. Essas características específicas de condições climáticas e desenvolvimento favorecem o acúmulo de energia nos frutos, uma vez que esta não é alocada no crescimento de ramos, retardam o amadurecimento dos frutos e permitem uma maturação com maiores acúmulos de açúcares e precursores de aromas (Jiang et al., 2013). A partir dos anos 2000, novas regiões entre 900 e 1.400 m de altitude, no estado de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, começaram a se destacar na produção de uvas e vinhos finos (Brighenti et al., 2013).

Apesar das opções de cultivo da videira em diferentes altitudes, o Sul do Brasil possui o fator climático limitante de excesso de precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, o que pode induzir ao maior crescimento vegetativo e, a partir disso, formar um microclima propício para o desenvolvimento de doenças fúngicas, podendo causar redução na fotossíntese, na produtividade e na qualidade da uva. Atualmente, o principal controle para essas doenças é o tratamento químico, o qual tem levado à contaminação dos subprodutos da uva, do meio ambiente e do produtor, além de aumentar os custos da atividade. Portanto, é imprescindível que sejam cultivadas variedades resistentes às principais doenças fúngicas, visando reduzir o uso de agrotóxicos e fortalecer a vitivinicultura sustentável. Por conseguinte, o objetivo deste estudo foi gerar conhecimentos científicos a partir de avaliações climáticas em diferentes altitudes e suas interações com o desenvolvimento de variedades resistentes a doenças fúngicas.

Material e métodos

Foram avaliadas Aromera, Calardis Blanc e Felicia, variedades de videiras brancas, resistentes a doenças fúngicas, denominadas "PIWI", do alemão: *Pilzwiderstandsfähige*, as quais estão cultivadas em vinhedos localizados nos municípios de Água Doce (26°43'3"S; 51°30'1"O e 1329 metros de altitude), Curitiba (27°17'20"S; 50°36'17"O e a 1000 metros de altitude) e Videira (27°1'30"S; 51°9'0" O e a 774 metros de altitude). As implantações dos três vinhedos foram realizadas concomitantemente em 2015. As plantas foram enxertadas sobre o porta-enxerto Paulsen 1103 e conduzidas em espaldeira, com espaçamento de 3,0 metros entre linhas e 1,2 metros entre plantas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, constituído por cinco repetições de 10 plantas por parcela, totalizando 150 plantas analisadas por variedade, durante as safras 2018/19 e 2019/20.

Os dados meteorológicos foram obtidos a partir das estações meteorológicas do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM-Epagri) instaladas próximas aos vinhedos. As variáveis analisadas foram temperaturas mínimas durante a primavera, o outono e o inverno e temperaturas médias durante o verão, precipitação acumulada (mm), umidade relativa média do ar (%), velocidade do vento (km.h^{-1}) e radiação global média (W.m^{-2}). As temperaturas foram consideradas dessa maneira, visto que foram selecionados alguns pontos críticos ao desenvolvimento das videiras, tais como, frio invernal necessário à quebra da dormência das gemas; geadas primaveris durante a brotação; teores de açúcares e acidez das bagas e geadas outonais que causam a aceleração da queda das folhas e do fim do ciclo vegetativo, influenciando nas reservas das plantas. Os dados meteorológicos foram analisados desde o inverno de 2018 até o outono de 2020 e divididos de acordo com as estações do ano.

As medições das trocas gasosas foram realizadas por meio de um analisador de gases por infravermelho (IRGA) LI-6400 (LICOR, EUA) para obter os dados de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e carbono interno (C_i). As avaliações foram realizadas durante a colheita em 15 folhas saudáveis e completas no terço médio, por variedade, por parcela, durante o período das 9 às 11 da manhã. Para a calibração foram utilizadas as configurações de área de câmara de 2 cm², concentração de CO₂ de 400 ppm, temperatura de bloco de 25°C e irradiância de fótons de 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Hall et al., 1993).

As medições de emissão da fluorescência da clorofila a foram realizadas utilizando-se um fluorímetro de luz modulada MINI-PAM (Walz, Germany). O rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m) foi determinado após 30 minutos de adaptação da folha ao escuro. O *quenching* não-fotoquímico (NPQ), o rendimento quântico efetivo do fotossistema II ($\Delta F/F_m'$) e a taxa aparente de transporte de elétrons (ETR) foram determinados pela sobreposição de um pulso de saturação em folhas previamente adaptadas à luz ambiente. As mensurações foram realizadas durante a colheita, nas folhas do terço médio, durante o período das 9 às 11 horas, com o auxílio de pinças de metal (DLC-8) acopladas ao sensor MINI-PAM, evitando a nervura central (Maxwell & Johnson, 2000).

A área foliar foi avaliada através de um medidor de área foliar com scanner (CI-202). As amostragens foram realizadas na maturação, coletando-se 150 folhas completas e saudáveis por variedade em cada altitude, de diferentes tamanhos, obtidas aleatoriamente de diversos sarmentos, em ambas as faces (leste e oeste) das fileiras. As folhas com comprimento da nervura central inferior a 3,0 centímetros não foram avaliadas, conforme recomendado por Lopes e Pinto (2000).

A produtividade das variedades foi determinada, no dia da colheita, a partir da pesagem dos cachos ($\text{kg}\cdot\text{planta}^{-1}$). Para análise do equilíbrio entre vigor vegetativo e produção

foi calculado o Índice de Ravaz utilizando-se a relação entre a produção de frutos por planta (kg) e o peso do material podado (kg) (Ravaz, 1903). Foi realizada semanalmente a coleta de 30 bagas por variedade e os mostos eram extraídos para a determinação das variáveis teor de sólidos solúveis (SS) em °Brix e acidez total (AT) em mEq.L⁻¹. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Bebidas e Vinagres do Estado de Santa Catarina (Labesc) da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), seguindo a metodologia descrita pelo *Office International de la Vigne et du Vin* (OIV, 2009).

Os dados climáticos, de trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a*, área foliar, Índice de Ravaz, peso e número de cachos e análises físico-químicas foram submetidos à análise de variância, onde as fontes de variação foram representadas pela mesma variedade comparada em diferentes altitudes e por diferentes variedades comparadas na mesma altitude. De acordo com o resultado do teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Resultados e Discussão

Os dados meteorológicos nas altitudes de 1329 metros (Água Doce), 1000 metros (Curitibanos) e 774 metros (Videira), desde o inverno de 2018 até o outono de 2020, estão presentes na Tabela 1. Durante todo o período analisado observa-se constância no comportamento das temperaturas mínimas no outono, inverno e primavera e médias no verão, sendo sempre menores com o aumento da altitude. Durante a primavera de 2018, a diferença média das temperaturas entre a menor e a maior altitude atingiu 4,28°C, no entanto, observou-se diferenças significativas somente durante a primavera e o verão, estações do ano que englobam desde a brotação à colheita (Tabela 1).

A precipitação e a umidade relativa do ar não demonstraram relação direta com a altitude (Tabela 1), o que foi observado é que, de acordo com Giovannini & Manfroi, (2009), essas variáveis estão acima do considerado ideal para o desenvolvimento das videiras. Esses autores descrevem que, para a sobrevivência e o crescimento da videira, são necessários 150 a 300 mm de precipitação no inverno e 250 a 350 mm durante as fases de brotação e início da maturação, desde que estejam bem distribuídas durante esses períodos. Entretanto, toda a Região Sul do Brasil apresenta volume de chuvas acima do limite de desenvolvimento das videiras, como pôde ser observado durante a primavera de 2018, período em que o volume atingiu, em média, 689,91mm, 409,20mm e 614,40mm nas altitudes de 1329, 1000 e 774 metros, respectivamente (Tabela 1).

A pluviosidade pode influenciar o vigor, a data de início e a ocorrência da floração; em excesso, antes da fase da floração, pode dificultar a antese e, durante a floração, pode disseminar o pólen, provocando o desavinho e/ou bagoinha (Machado, 2019). A variável de umidade relativa ideal está entre 62 a 68%, porém, umidade acima de 75% - dados médios observados durante todo o período analisado nas três altitudes - atuando junto a elevadas temperaturas e precipitação durante o período vegetativo, favorece a incidência de doenças fúngicas (Mandelli, 2002), ressaltando, portanto, a importância do cultivo de variedades resistentes a essas doenças nessas regiões.

Enquanto que, para as variáveis velocidade do vento e radiação, o comportamento foi inverso, mostrando-se maiores nas altitudes mais elevadas. A velocidade do vento foi significativamente distinta durante todo o período analisado e, em média, 13,5 km.h⁻¹ maior na altitude de 1329 metros em comparação à altitude de 774 metros, chegando a atingir 19,27±4,50 km.h⁻¹ durante a primavera de 2018 (Tabela 1). Segundo Keller (2020), ventos com velocidade

acima de $21,6 \text{ km.h}^{-1}$ podem causar danos físicos às plantas, além de reduzir o comprimento dos brotos, o tamanho das folhas e a densidade estomática.

Em relação às trocas gasosas observou-se valores mais elevados de fotossíntese líquida (A) na maior altitude para as três variedades e em ambas as safras. Na safra 2018/19 os valores atingiram $15,30$; $15,21$ e $15,00 \text{ } \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para as variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia, respectivamente, enquanto que, na menor altitude, os valores de A mensurados foram em média de $12,66$; $12,76$ e $12,40 \text{ } \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e na altitude intermediária foram, em média, $13,76$; $13,15$ e $13,45 \text{ } \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para as mesmas variedades, indicando um aumento médio de $20,34\%$ e $12,79\%$ na maior altitude (Tabela 2). As plantas interagem com o ambiente circundante, por meio de processos de troca de carbono, água e energia, mantendo um equilíbrio que lhes permite crescer e adaptar-se a condições variáveis de crescimento. Neste contexto, os fluxos de CO_2 e H_2O , em resposta à adaptação ao meio ambiente, desempenham um papel fundamental. Estes fatores permitem ganhos fotossintéticos e perda ou conservação de água bem como a regulação da temperatura do dossel (Costa et al., 2013).

Os resultados relativos à condutância estomática (g_s) e taxa transpiratória (E) e carbono interno (C_i) demonstraram diferenças significativas somente durante a safra 2019/20, sendo os valores mais elevados na altitude de 1329 metros, atingindo, respectivamente, $1,05 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; $8,75 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e $369 \text{ } \mu\text{mol.mol}^{-1}$ para a variedade Aromera. Esses resultados representam um incremento médio de $425,00\%$ na g_s ; de $122,08\%$ na E e de $30,39\%$ no C_i em relação à altitude de 1000 metros; já em relação à altitude de 774 metros, os incrementos foram de $288,89\%$; $57,09\%$ e $14,60\%$, respectivamente (Tabela 2). A redução da g_s nas menores altitudes pode ser uma estratégia de evitar o estresse térmico a elevadas temperaturas, visto que reduz a taxa transpiratória, garantindo um melhor gerenciamento hídrico. Conforme observado por Avila et al. (2016), esse mecanismo pode custar às plantas uma menor absorção de nutrientes,

visto que absorção e transporte desses ocorrem por fluxo de massa. Ao reduzir a condutância estomática, é restringida também a entrada de CO₂ para o mesofilo e, conseqüentemente, sua concentração nesse tecido.

Tendo em vista que a fluorescência é um dos pilares dos estudos da regulação fotossintética e das respostas das plantas ao meio ambiente (Stirbet et al., 2018), na Tabela 3 encontram-se os resultados das análises de rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm), dissipação não-fotoquímica (NPQ), rendimento quântico efetivo do fotossistema II ($\Delta F/Fm'$) e taxa aparente de transporte de elétrons (ETR). Somente os valores de Fv/Fm encontrados na altitude de 1329 metros permaneceram dentro da faixa de 0,83 a 0,85, os quais, de acordo com Kalaji et al. (2014), indicam que a planta está apta a superar estresses, impedindo danos fotoinibitórios nos fotossistemas. Em condições ambientais ótimas, a relação Fv/Fm encontra-se entre 0,83 e 0,85 em plantas C3 e 0,78 em plantas C4 (Kalaji et al., 2014).

Nesse contexto, de acordo com o estudado por Cambrollé et al. (2015), em condições de estresse, *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* podem apresentar redução na eficiência quântica máxima do fotossistema II (Fv/Fm), a qual indica redução na proporção de centros de reação abertos. Nessas condições, geralmente ocorre o aumento da dissipação não fotoquímica (NPQ), ou seja, as plantas dissipam a luz na forma de calor, protegendo assim a folha de danos induzidos pela luminosidade, resultados que estão de acordo com o observado, visto que, na altitude de 1000 metros os valores de NPQ atingiram 3,02 para Felicia na safra 2019/20; e foram, em média, 1,93 mais elevados do que na altitude de 774 metros e 3,43 mais elevados do que na altitude de 1329 metros. A dissipação não-fotoquímica (NPQ) representa a perda de energia para o ambiente na forma de calor no ciclo das xantofilas (Klughammer e Schreiber, 2008), sendo essa não aproveitada no processo fotoquímico da fotossíntese. Assim, as folhas não utilizam toda energia proveniente da radiação, dissipando-a, visando reduzir possíveis

danos foto-oxidativos das clorofilas e ao aparato fotossintético. A dissipação não-fotoquímica varia de zero a infinito, mas na maioria dos casos, fornece valores entre 0 e 10 (Kalaji et al., 2014).

Os valores de $\Delta F/F_m'$ não divergiram estatisticamente entre as variedades nas mesmas altitudes, mas houve variação entre as altitudes, sendo que os valores médios foram de 0,66 na altitude de 1329 metros, de 0,41 na de 1000 metros e de 0,58 na de 774 metros (Tabela 3). De acordo com Kalaji et al. (2014), o valor do $\Delta F/F_m'$ pode variar entre zero e o valor F_v/F_m . Dos Anjos et al. (2012) ao estudarem a aclimatação à luz de espécies arbóreas da floresta atlântica brasileira encontraram uma queda no $\Delta F/F_m'$ a pleno sol, indicação de que parte da luz absorvida não foi convertida em energia fotoquímica, não sendo aproveitada, causando, possivelmente, sua dissipação em forma de calor.

Por sua vez, a taxa de transporte de elétrons (ETR) representa a quantidade relativa de elétrons passando pelo PSII durante a fotossíntese em estado estacionário, portanto possui relação direta com a atividade fotossintética das plantas. Foram observados valores significativamente distintos nas três altitudes, sendo que a altitude de 1329 metros apresentou, em média, valores 1,45 superiores aos da altitude de 774 metros e 2,86 superiores aos da altitude de 1000 metros (Tabela 3). Cambrollé et al. (2015) e Tiecher et al. (2017) analisando *V. vinifera* ssp. *sylvestris* e mudas de videiras observaram que as diminuições nos valores de ETR, podem estar relacionadas à redução dos pigmentos fotossintéticos e a danos causados ao aparelho fotossintético das plantas.

Visto que, na altitude intermediária, em ambas as safras, mas mais acentuadamente na safra 2019/20, ocorre diminuição nos valores das análises que envolvem A , F_v/F_m , $\Delta F/F_m'$, ETR e aumento da NPQ, infere-se que as variedades estão se desenvolvendo sob estresse. Nas plantas cultivadas nessa localidade foi observado o estresse inicialmente a partir do declínio de

vigor juntamente com manchas foliares relacionadas ao problema na absorção e transporte de água e/ou nutrientes, resultando em seca repentina e morte de algumas plantas durante a safra de 2019/20. A partir do diagnóstico visual, foram coletadas amostras para serem realizadas as análises fitopatológicas, as quais identificaram os fungos *Cylindrocarpon* sp., *Fusarium* sp. e *Verticillium* sp. nas raízes; *Rosellinia* sp., *Cylindrocarpon* sp. e *Fusarium* sp. no colo; *Fusarium* sp. no caule, além da presença do nematoide *Pratylenchus* sp.. A partir das análises de trocas gasosas durante a safra 2018/19 não foi percebido o estresse causado pelas doenças, entretanto as variedades provavelmente estavam sofrendo alterações no aparato fotossintético, visto que os resultados de fluorescência da clorofila *a* apresentam respostas semelhantes às observadas na safra 2019/20.

As videiras também apresentaram certo grau de estresse na altitude de 774 metros, mas menos acentuado, não atingindo as folhas visualmente. Os valores de *A*, $\Delta F/F_m'$ e ETR mais baixos em comparação à altitude de 1329 metros indicam que o desenvolvimento pode estar sendo prejudicado. A fotossíntese líquida menos elevada pode ter sido influenciada diretamente pela radiação incidente, visto que na altitude de 774 metros ela é, em média, $86,78 \text{ W.m}^{-2}$ e $144,70 \text{ W.m}^{-2}$ mais baixa na primavera e no verão, respectivamente, em relação à altitude de 1329 metros. Além disso, a altitude de 774 metros apresenta temperaturas mais elevadas e menor velocidade do vento, o que contribui para aumentar a temperatura do dossel diretamente e incrementar o crescimento vegetativo das variedades.

A área foliar nas três variedades foi superior durante todo o período analisado na menor altitude, atingindo 246 cm^2 para a variedade Felicia durante a safra 2019/20 (Tabela 4). À exceção do período em que a altitude de 1000 metros sofreu com a incidência das doenças, observa-se relação inversa entre área foliar e fotossíntese líquida em ambas as safras e nas três variedades. Teixeira et al. (2018) estudou as características morfoanatômicas foliares em

cultivares de videira branca com origens geográficas distintas e observou que as folhas com menor área foliar individual têm um controle mais eficiente da temperatura comparativamente às folhas de maior tamanho, pois a condutância aerodinâmica diminui com a área da folha, o que influencia diretamente nas trocas gasosas.

As variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia produziram um número médio de cachos por planta de 24,62; 54,86 e 39,44 e pesos médios dos cachos por planta de 2,27; 4,76 e 6,14 kg, respectivamente (Tabela 4), o que equivale, aproximadamente, a 7,718; 16,184 e 20,876 kg.ha⁻¹. Schmitt et al. (2020), ao analisar as variedades *V. vinifera* Cabernet Sauvignon e Chardonnay na altitude de 1329 metros, encontraram valores médios no número de cachos de 15,67 e 16,6, respectivamente; enquanto Bender et al. (2021), ao analisar 11 clones da variedade Bordô cultivados na altitude de 774 metros encontraram resultados que variaram de 6,9 a 10 para peso de cachos por planta. Na altitude de 1000 metros, devido ao ataque das doenças na safra 2019/20, houve redução em relação ao número e ao peso dos cachos por planta em todas as variedades. Aromera foi a variedade mais prejudicada em relação ao número de cachos e Felicia foi a que mais sofreu com a diminuição do peso dos cachos, ambas reduzindo em cinco vezes as referidas análises em relação à safra anterior.

Para analisar o equilíbrio dos vinhedos entre o crescimento vegetativo e as características produtivas sob as diferentes condições de cultivo foi utilizado o Índice de Ravaz (IR) (Tabela 4). Plantas com IR entre 3 e 10 podem ser consideradas aceitáveis em relação ao equilíbrio de carboidratos, entre 5 e 7 as plantas representam uma condição de distribuição de carboidratos ideal na planta, acima de 10 as plantas apresentam excesso de produção e abaixo de 3 as plantas apresentam excesso de vigor Ravaz (1903). A partir desses parâmetros é possível inferir que a variedade Aromera possui excesso de vigor, pois apresentou valores abaixo de três em todas as altitudes e safras, indicando que a poda nessa variedade pode ser intensificada, ao

passo que, as demais variedades e altitudes permaneceram com valores entre aceitáveis e ideais em relação ao equilíbrio de carboidratos.

Os valores de acidez total (AT) no momento da colheita das três variedades estudadas variaram desde 63,7 mEq.L⁻¹, na variedade Calardis Blanc cultivada na maior altitude em 2019/20, até 129,6 mEq.L⁻¹, na variedade Aromera cultivada na menor altitude durante a safra 2018/19 (Tabela 4). Esses resultados corroboram com a legislação, a qual indica que os níveis aceitáveis de acidez total para uvas viníferas devem estar na faixa de 55,0 a 130,0 meq.L⁻¹ (Brasil, 1988).

Em todos os países vitícolas do mundo está presente a podridão do cacho, podridão cinzenta ou botritis (*Botrytis cinerea*). Ela causa redução quantitativa na produção, é responsável pela redução do aroma varietal, aumento da acidez volátil e instabilidade do aroma fermentativo, além de favorecer o aparecimento de defeitos olfativos, que estão relacionados ao envelhecimento oxidativo prematuro do vinho branco (Rizzon & Meneguzzo, 2006). As condições favoráveis ao aparecimento deste fungo encontram-se associadas ao excesso de vigor vegetativo, precipitação e temperaturas elevadas (Magalhães, 2015), devido a essas condições mais acentuadas durante o verão na menor altitude, durante a safra 2018/19, foi realizada a colheita antecipada para manter a qualidade das uvas para vinificação.

Visto que a legislação exige que o grau etílico esteja na faixa de 10 a 13°GL nos vinhos finos de mesa e de 10 a 12,5°GL nos vinhos espumantes (Brasil, 1988) e que 1°Brix equivale a 0,5°GL de potencial alcoólico, as variedades não atingiram os padrões de qualidade nas altitudes de 774 e 1000 metros durante a safra 2018/19, pois apresentaram valores de 14,29 a 17,50°Brix. As variedades atingiram os teores de sólidos solúveis e acidez ideais para a vinificação durante a safra 2018/19 na altitude mais elevada para Aromera e Calardis Blanc e, durante a safra 2019/20, à exceção da variedade Calardis Blanc na maior altitude, todas as

variedades em todas as altitudes atingiram esses teores. Apesar do prejuízo em relação ao número e peso de cachos, observou-se aumento no teor de SS durante a safra 2019/20 na altitude de 1000 metros, fator que pode ser explicado pela maior exposição solar nas bagas, causada pela redução drástica na área foliar, resultados semelhantes aos verificados por Gatti et al. (2012) os quais analisaram os efeitos do desbaste de cachos e da remoção de folhas antes da floração sobre o crescimento e a composição da uva na variedade Sangiovese.

Por conseguinte, em comparação ao cultivo na menor altitude, a maior altitude proporcionou diminuição total média de 4,28°C nas temperaturas, de 99% no NPQ, 30% na AF, 4,65% no peso dos cachos e 15% na AT; e incremento total médio de 144,70 W.m⁻² na radiação, 13,5 Km.h⁻¹ na velocidade do vento, 17% na *A*, 81% na *g_s*, 9% na *E*, 8% na *C_i*, 8% no *F_v/F_m*, 14% no $\Delta F/F_m'$, 45% na ETR, 19% no número de cachos e 9% nos SS.

Conclusão

O estudo das condições climáticas encontradas na Região Sul do Brasil reforça a importância da inclusão de variedades resistentes às principais doenças fúngicas incidentes, para que possa ser perpetuada uma produção vitivinícola mais sustentável e competitiva. A partir da análise das variedades PIWI cultivadas em diferentes altitudes foi possível concluir que a maior altitude proporcionou condições climáticas mais favoráveis ao desenvolvimento dessas variedades. Conclui-se que, o maior vigor observado na menor altitude, causado pelas condições climáticas de elevada temperatura, umidade, precipitação e reduzida velocidade do vento, pode ter influenciado na radiação incidente, nas trocas gasosas e na fluorescência da clorofila *a*. Portanto, para que seja mantida a produtividade e a qualidade enológica, é imprescindível que o manejo do dossel seja estudado e adaptado a cada localidade de plantio,

principalmente quando as variedades forem cultivadas em condições climáticas semelhantes, menos favoráveis ou extremas.

Referências

- AVILA, R. G.; MAGALHÃES, P. C.; DE ALVARENGA, A. A.; LAVINSKY, A. D. O.; CAMPOS, C. N.; JÚNIOR, C. C. G.; DE SOUZA, T. C. Drought-tolerant maize genotypes invest in root system and maintain high harvest index during water stress. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.15, n. 3, p. 450-460, 2016.
- BENDER, A.; SOUZA, A. L. K.; CALIARI, V.; SOLDI, C.; WELTER, L. J.; VESCO, L. L. D. Productivity and quality of juices from different genotypes of ‘Bordô’ grape (*Vitis labrusca*) in the Vale do Rio do Peixe-SC region. **Revista Ceres**, v. 68, p. 310-318, 2021.
- BERLI, F. J.; ALONSO, R.; BELTRANO, J.; BOTTINI, R. High-altitude solar UV-B and abscisic acid sprays increase grape berry antioxidant capacity. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 66, n. 1, p. 65-72, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 229, de 25 de outubro de 1988. Aprovar as normas referentes a complementação dos padrões de identidade e qualidade do Vinho. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília (DF), 1988.
- BRIGHENTI, A. F.; BRIGHENTI, E.; BONIN, V.; RUFATO, L. Caracterização fenológica e exigência térmica de diferentes variedades de uvas viníferas em São Joaquim, Santa Catarina – Brasil. **Ciência Rural**, v.43, n.7, jul, 2013.
- CAMBROLLÉ, J.; GARCÍA, J. L.; FIGUEROA, M. E.; CANTOS, M. Evaluating wild grapevine tolerance to copper toxicity. **Chemosphere**, 120, 171-178, 2015.
- COSTA, J. M.; GRANT, O. M.; CHAVES, M. M. Thermography to explore plant–environment interactions. **Journal of Experimental Botany**, n. 64, v. 13, p. 3937–3949, 2013.

- DOS ANJOS, L.; OLIVA, M. A.; KUKI, K. N. Fluorescence imaging of light acclimation of brazilian atlantic forest tree species. **Photosynthetica**, v. 50, n. 1, p. 95-108, 2012.
- GATTI, M.; BERNIZZONI, F.; CIVARDI, S.; PONI, S. Effects of Cluster Thinning and Preflowering Leaf Removal on Growth and Grape Composition in cv. Sangiovese. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.63, p.325-332, 2012.
- GIOVANNINI, E.; MANFROI, V. **Viticultura e Enologia**: Elaboração de grandes vinhos nos *terroirs* brasileiros. 1 ed. Bento Gonçalves: IFRS, 344 p., 2009.
- HALL, D. O.; SCURLOCK, J. M.; BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; LEEGOOD, R. C.; LONG, S. P. **Photosynthesis and production in a changing environment**. A field and laboratory manual. Londres: Chapman & Hall, 464p, 1993.
- JIANG B.; XI Z.; LUO M.; ZHANG Z. Comparison on aroma compounds in Cabernet Sauvignon and Merlot wines from four wine grape-growing regions in China. **Food Res Int** 51: 482-489, 2013.
- KALAJI, H. M.; SCHANSKER, G.; LADLE, R. J.; GOLTSEV, V.; BOSA, K.; ALLAKHVERDIEV, S. I.; ZIVCAK, M. Frequently asked questions about in vivo chlorophyll fluorescence: practical issues. **Photosynthesis research**, v. 122, n. 2, p. 121-158, 2014.
- KELLER, M. The science of grapevines. **Academic press**, 2020.
- KLUGHAMMER, C.; SCHREIBER, U. Saturation pulse method for assessment of energy conversion in PS I. PAM Application Notes, v. 1, p. 11-14, 2008.
- LOPES, C. M.; PINTO, P. A. Estimation de la superficie foliaire principale et secondaire d'un sarment de vigne. **Prog. Agric. Vitic.** 117, 160-166, 2000.
- MACHADO, C. I. S. **Modelos para a previsão do início das fases fenológicas da *Vitis vinifera* cv. Moscatel Galego num contexto de variação climática**. 2019.

- MAGALHÃES, N. Tratado de viticultura: a videira, a vinha e o terroir. Lisboa, Portugal: Chaves-Ferreira, 2015.
- MANDELLI, F. **Relações entre variáveis meteorológicas, fenológicas e qualidade da uva na "Serra Gaúcha"**. 2002. 217 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 659-668, 2000.
- OIV - Organization Internationale de la Vigne et du Vin. **Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis**, Paris: OIV, v.1, 419p, 2009.
- RAVAZ, L. Sur la brunissure de la vigne. **Comptes Rendus de l'Académie de Sciences**, Paris. 136: 1276-1278, 1903.
- RIZZON, L. A., MENEGUZZO, J. Elaboração de vinho branco fino. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.27, n.234, p.77-93, 2006.
- ROSIER, J. P. A Viticultura de Altitude no Planalto Catarinense. **Territoires du vin [Online]**, v. 9, 2018.
- SCHMITT, D. E.; BORGHEZAN, M.; AMBROSINI, V. G.; COMIN, J. J.; TRAPP, T.; BRUNETTO, G. Yield and must composition of grapevines subjected to phosphate fertilization in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, 2020.
- STIRBET, A.; LAZÁR, D.; KROMDIJK, J. Chlorophyll a fluorescence induction: Can just a one-second measurement be used to quantify abiotic stress responses?. **Photosynthetica**, v. 56, n. 1, p. 86-104, 2018.
- TEIXEIRA, G.; MONTEIRO, A.; SANTOS, C.; LOPES, C. M. Leaf morphoanatomy traits in white grapevine cultivars with distinct geographical origin. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, 2018.

TIECHER, T. L.; TIECHER, T.; CERETTA, C. A.; FERREIRA, P. A.; NICOLOSO, F. T.; SORIANI, H. H.; BRUNETTO, G. Tolerance and translocation of heavy metals in young grapevine (*Vitis vinifera*) grown in sandy acidic soil with interaction of high doses of copper and zinc. **Scientia Horticulturae**, v. 222, p. 203-212, 2017.

WURZ, D.A.; BEM, B.P.; ALLEBRANDT, R.; BONIN, B.; DALMOLIN, L.G.; CANOSSA, A.T.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A.A. New wine-growing regions of Brazil and their importance in the evolution of Brazilian wine. **BIO Web of Conferences**, v.9, p.1-4, 2017.

Tabelas

1
2 **Tabela 1.** Dados meteorológicos do inverno de 2018 ao outono de 2020 dos municípios de Videira (774 metros), Curitibaanos (1000 metros) e Água
3 Doce (1329 metros), Santa Catarina, Brasil.

Altitudes	Inverno 18 ⁽²⁾	Primavera 18 ⁽²⁾	Verão 18/19 ⁽¹⁾	Outono 19 ⁽²⁾	Inverno 19 ⁽²⁾	Primavera 19 ⁽²⁾	Verão 19/20 ⁽¹⁾	Outono 20 ⁽²⁾
Temperaturas (°C)								
774m	10,96a±4,22	15,25a±2,67	22,34a±1,86	15,63a±4,00	11,81a±4,72	15,17a±2,61	21,91a±2,05	9,59a±4,30
1000m	9,49a±4,73	12,91b±3,04	20,40b±1,96	14,46ab±4,15	10,94a±4,76	13,76b±2,40	19,91b±2,29	9,45a±3,59
1329m	9,50a±3,71 ^(*)	10,97c±2,54	18,96c±2,13	14,13b±3,84	10,27a±4,94	12,75c±2,46	18,58c±2,19	7,43b±5,48
Precipitação (mm)								
774m	279,60c±10,81	614,40a ±12,16	714,90a±16,40	557,40b±14,02	190,40a±6,39	530,40a±9,15	433,20a±13,11	456,60a±17,19
1000m	421,8a±10,93	409,20b±7,86	587,40b±11,69	403,60a±10,82	157,6c±4,43	422,20b±9,15	346,40b±10,11	288,60b±8,59
1329m	346,21b±9,91	689,91a±14,56	688,03a±16,19	484,92a±13,15	172,10b±5,06	345,34c±8,94	429,53a±14,87	430,06a±14,04
UR (%)								
774m	79,36b±7,90	76,31b±10,12	81,91b±5,65	86,27b±4,74	77,55b±10	75,97c±10,52	76,56b±8,18	79,46b±7,82
1000m	84,10a±11,78	86,69a±8,01	88,34a±5,40	85,87ab±4,99	84,42a±9,11	86,08a±7,59	83,69a±7,17	83,11a±9,33
1329m	85,86a±10,48	84,31a±11,20	86,78a±6,73	87,89a±5,12	79,22b±11,41	81,48b±10,15	82,85a±10,09	82,19ab±11,91
Velocidade do vento (Km.h ⁻¹)								
774m	4,49c±1,80	5,36c±1,63	4,33c±1,05	3,75c±1,23	5,07c±1,87	5,31c±1,59	4,24c±0,92	4,28c±1,57
1000m	9,39b±3,54	10,06b±3,21	8,00b±2,30	6,58b±2,46	8,04b±3,06	8,66b±2,61	6,92b±2,02	6,48b±2,95
1329m	18,12a±5,07	19,27a±4,50	17,28a±4,42	15,77a±4,86	20,92a±9,21	18,42a±4,70	16,16a±3,56	17,62a±5,19
Radiação (W.m ⁻²)								
774m	273,82a±61,88	357,58b±87,65	364,30c±78,97	242,14b±52,13	261,78b±55,43	424,12b±79,83	424,68c±68,89	306,80b ±63,65
1000m	285,90a±67,65	400,20ab±110,43	430,64b±66,71	265,00ab±60,67	285,30b±60,34	459,64ab±89,64	509,20b±68,89	332,20ab ±71,57
1329m	303,54a±69,70	454,12a±102,97	514,60a±75,77	283,80a±60,16	345,74a±65,55	501,14a±95,42	563,78a±86,25	374,28a ±84,26

4 ⁽¹⁾Temperaturas médias. ⁽²⁾Temperaturas mínimas. ^(*)Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

5

6

7 **Tabela 2.** Trocas gasosas das variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia, cultivadas nos municípios de Videira (774 metros), Curitibaanos (1000
8 metros) e Água Doce (1329 metros), Santa Catarina, Brasil, durante as safras 2018/19 e 2019/20.

Altitudes		774m	1000m	1329m	774m	1000m	1329m	774m	1000m	1329m	774m	1000m	1329m
Safras	Variedades	Fotossíntese líquida (<i>A</i>) ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)			Condutância estomática (<i>g_s</i>) ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)			Taxa transpiratória (<i>E</i>) ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)			Concentração interna de CO ₂ (<i>C_i</i>) ($\mu\text{mol.mol}^{-1}$)		
2018/19	Aromera	12,66Ba	13,76Ba	15,30Aa	0,38Aa	0,35Ab	0,35Ab	7,33Aa	6,03Ab	6,36Ab	328Aa	293Aa	325Aa
	Calardis Blanc	12,76Ba	13,15Ba	15,21Aa	0,45ABa	0,50Aa	0,35Bb	8,09Aa	7,99Aa	7,23Ab	328Aa	331Aa	325Ba
	Felicia	12,40Ba	13,45Ba	15,00Aa	0,41Aa	0,46Aab	0,45Aa	7,59Aa	7,57Aab	7,40Aa	328Aa	330Aa	326Aa
2019/20	Aromera	13,34Ba	8,67Cb	14,32Aa	0,27Bb	0,20Bb	1,05Aa	5,57Bb	3,94Cb	8,75Aa	322Ba	283Ca	369Aa
	Calardis Blanc	11,66Bb	10,05Ca	14,04Aa	0,39Ba	0,28Ba	0,92Aab	6,96Ba	5,28Ca	8,55Aa	317Ba	297Ca	363Ab
	Felicia	11,76Bb	10,21Ca	13,02Ab	0,38Ba	0,19Bb	0,79Ab	6,96Ba	4,03Cb	8,00Aa	326Ba	290Ca	370Aa

9 Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com probabilidade de erro de 5%.

10

11 **Tabela 3.** Fluorescência da clorofila *a* das variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia, cultivadas nos municípios de Videira (774 metros),
12 Curitibaanos (1000 metros) e Água Doce (1329 metros), Santa Catarina, Brasil, durante as safras 2018/19 e 2019/20.

Altitudes		774m	1000m	1329m	774m	1000m	1329m	774m	1000m	1329m	774m	1000m	1329m
Safras	Variedades	Rendimento quântico máximo do PSII (Fv/Fm)			Dissipação não-fotoquímica (NPQ)			Rendimento quântico efetivo do PSII ($\Delta F/F_m'$)			Taxa aparente de transporte de elétrons (ETR)		
2018/19	Aromera	0,79Aa	0,65Bb	0,85Aa	0,82Ba	2,00Aa	0,79Ba	0,57Ba	0,43Ca	0,65Aa	61,18Ba	50,78Ca	72,87Aa
	Calardis Blanc	0,78Aa	0,72Aa	0,84Aa	0,71Ba	1,98Aa	0,70Ba	0,59Ba	0,44Ca	0,68Aa	55,15Bb	49,94Ca	63,20Aa
	Felicia	0,78Aa	0,70Aa	0,84Aa	0,95Ba	1,84Aa	0,75Ba	0,56Ba	0,36Ca	0,68Aa	56,11Bb	48,46Ca	63,96Aa
2019/20	Aromera	0,81Aa	0,60Bab	0,85Aa	1,88Ba	2,89Aa	0,57Cb	0,61Ba	0,39Aa	0,72Aa	109,65Ba	40,89Ca	176,25Aa
	Calardis Blanc	0,80Aa	0,70Ba	0,83Aa	1,83Ba	2,29Aa	0,70Ca	0,58Aa	0,43Ba	0,69Aa	105,50Ba	42,19Ca	205,55Aa
	Felicia	0,75Bb	0,68Aa	0,84Aa	1,85Ba	3,02Aa	0,68Ca	0,56Ba	0,41Ca	0,54Aa	99,98Ba	41,73Ca	164,03Aa

13 Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com probabilidade de erro de 5%.

14

15 **Tabela 4.** Área foliar, número de cachos, peso dos cachos, Índice de Ravaz, sólidos solúveis e acidez total das variedades Aromera, Calardis Blanc
 16 e Felicia, cultivadas nos municípios de Videira (774 metros), Curitibanos (1000 metros) e Água Doce (1329 metros), Santa Catarina, Brasil, durante
 17 as safras 2018/19 e 2019/20.

Altitudes		774m	1000m	1329m	774m	1000m	1329m	774m	1000m	1329m
Safras	Variedades	Área foliar (cm ²)			Número de cachos			Peso dos cachos (Kg.planta ⁻¹)		
2018/19	Aromera	197Ab	166Ba	148Bb	24,1Aa	25,8Ac	26,4Ab	2,16Ab	1,67Ac	2,48Ab
	Calardis Blanc	206Aa	174Ba	158Bab	47,4Ba	67,3Aa	56,2Ba	5,08Aa	4,79Ab	2,26Bb
	Felicia	206Aa	169Ba	160Ba	33,3Ca	39,0Bb	56,7Aa	5,22Ba	6,03Aa	6,81Aa
2019/20	Aromera	190Ab	44Cb	150Bb	23,3Ab	4,5Bb	23,5Ac	2,86Ab	0,55Ba	2,16Ab
	Calardis Blanc	227Aa	65Ca	169Bab	51,1Aa	29,5Ba	52,3Aa	5,75Aa	1,52Ba	5,92Aa
	Felicia	246Aa	73Ca	194Ba	31,6Ab	11,1Bb	36,6Ab	6,45Aa	1,17Ba	6,21Aa
Safras	Variedades	Índice de Ravaz (Kg cachos.kg lenha de poda ⁻¹)			Sólidos Solúveis (°Brix)			Acidez Total (mEq.L ⁻¹)		
2018/19	Aromera	0,62Bc	1,93Ac	1,44Ab	14,29Ba	17,50Aa	18,42Aab	129,6Aa	98,5Ba	90,1Ca
	Calardis Blanc	6,07Ab	6,03Ab	3,93Ba	14,32Ca	17,28Ba	19,10Aa	101,3Ab	92,1Ab	76,7Bb
	Felicia	8,00Aa	8,28Aa	4,93Bb	15,30Ba	16,30ABa	17,42Ab	89,4Ab	92,8Ab	85,9Aa
2019/20	Aromera	2,98Ab	2,27Ab	2,17Ab	18,44Bb	22,32Aa	18,52Ba	94,1Ba	102,6Aa	100,1ABa
	Calardis Blanc	7,85Aa	6,55Aa	7,52Aa	18,52Ab	19,62Ab	17,78Aa	67,0Bc	98,8Ab	63,7Bb
	Felicia	7,94Aa	3,47Bb	7,28Ba	20,72Aa	18,32Bb	18,78Ba	78,5Bb	95,0Ac	73,3Bb

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com probabilidade de erro de 5%.

18

19

20

4 CAPÍTULO 3

Mudanças climáticas e o impacto em variedades PIWI cultivadas em duas regiões de Santa Catarina, Brasil

RIZZOLO, R. G. et al., 2022. Mudanças climáticas e o impacto em variedades PIWI cultivadas em duas regiões de Santa Catarina, Brasil.

Mudanças climáticas e o impacto em variedades PIWI cultivadas em duas regiões de Santa Catarina, Brasil

Resumo - Devido às alterações recentes na temperatura, aumentou a preocupação com o impacto que as mudanças climáticas de longo prazo podem ter sobre a agricultura, já que o clima é o principal determinante da produtividade. Com os humanos acelerando a taxa dos processos climáticos e das mudanças climáticas, as temperaturas estão aumentando, a precipitação está sendo alterada e a variabilidade interanual está desaparecendo, o que produz episódios extremos com mais frequência. Este fenômeno provoca alterações na fenologia da videira e nos padrões de distribuição de pragas e doenças, reduzindo assim a produtividade e qualidade do vinho. Nesse contexto, o presente estudo avalia Aromera, Calardis Blanc e Felicia, variedades de videiras brancas, denominadas "PIWI", do alemão: *Pilzwiderstandsfähige*, "resistentes a doenças fúngicas", as quais estão cultivadas em Curitibanos e Videira, municípios do estado de Santa Catarina, localizados nas regiões do Planalto Catarinense e do Meio Oeste Catarinense, respectivamente. Nas variedades foram realizadas análises de fenologia e graus-dia de desenvolvimento (GDD). Enquanto que, nos municípios e suas regiões, foram analisadas as variáveis índices climatológicos, condições meteorológicas das safras 2018/19 e 2019/20 e cenário futuro para os anos de 2071 a 2100 (A2). O cenário futuro utilizado prevê uma elevação média na precipitação de 76mm e na temperatura média em 3,6°C durante o crescimento vegetativo nas regiões dos municípios avaliados, o que, de acordo com a classificação do Sistema de Classificação Climática Multicritérios Geovitícola (CCM) passaria Curitibanos para "quente" (IH₊₂), "de noites temperadas" (IF₋₁) e "úmido" (IS₋₂) e Videira para "muito quente" (IH₊₃), "de noites temperadas" (IF₋₁) e "úmido" (IS₋₂). O aumento da temperatura também acrescenta 642 GDD, reduzindo, em média, o ciclo das variedades em 24 dias. Esse cenário prevê aumento da incidência do míldio de outubro a fevereiro e do oídio de outubro a dezembro nas regiões estudadas. Portanto, no cenário futuro, haverá alterações na fisiologia das variedades e na incidência de doenças, tornando-se imprescindível a pesquisa de manejos, visando reduzir o estresse nessas variedades, para manter a qualidade enológica e perpetuar o plantio sustentável.

Termos para indexação: IPCC, fenologia, soma térmica.

Abstract - Due to recent changes in temperature, concern has grown about the impact that long-term climate change may have on agriculture, as climate is the main determinant of productivity. With humans accelerating the rate of climate processes and climate change, temperatures are rising, precipitation is changing, and interannual variability is disappearing, which produces extreme episodes more frequently. This phenomenon causes changes in the phenology of the vine, in the patterns of distribution of pests and diseases, thus reducing the productivity and quality of the wine. The present study evaluates Aromera, Calardis Blanc and Felicia, varieties of white vines, called "PIWI", from the German: *Pilzwiderstandsfähige*, "resistant to fungal diseases", which are cultivated in Curitiba and Videira, cities located in the regions of the Planalto Catarinense and from the Midwest of Santa Catarina, respectively. Phenology and developmental degree-day (GDD) analyzes were performed on the varieties. While, in the cities and their regions, the variables climatological indices, meteorological conditions of the 2018/19 and 2019/20 harvests and future scenario for the years 2071 to 2100 (A2) were analyzed. The future scenario used predicts an average increase in precipitation of 76mm and an average temperature of 3.6°C during vegetative growth in the regions of the evaluated municipalities, which, according to the classification of the Geoviticultural Multicriteria Climatic Classification System (CCM) would pass Curitiba for "hot" (IH₊₂), "of temperate nights" (IF₋₁) and "humid" (IS₋₂) and Videira for "very hot" (IH₊₃), "of temperate nights" (IF₋₁) and "wet" (IS₋₂). The increase in temperature also adds 642 GDD, reducing, on average, the cycle of varieties by 24 days. This scenario predicts an increase in the incidence of downy mildew from October to February and of powdery mildew from October to December in the regions studied. Therefore, in the future scenario, there will be changes in the physiology of the varieties and in the incidence of diseases, making it essential to research managements aimed at reducing stress in these varieties, to maintain oenological quality and perpetuate sustainable planting.

Index terms: IPCC, phenology, thermal sum.

Introdução

A União Europeia estabeleceu metas para reduzir o uso de produtos químicos na viticultura, sendo uma das estratégias a mudança de uma abordagem voltada ao tratamento químico de doenças para outra voltada à prevenção por meio do desenvolvimento de variedades resistentes a doenças (Rousseau et al., 2013). A seleção assistida por marcadores moleculares combinada com o retrocruzamento múltiplo com *Vitis vinifera* permitiu o desenvolvimento de variedades com uma porcentagem com mais de 85% de *V. vinifera* em sua linhagem; essas variedades são referidas como "PIWI", do alemão: *Pilzwiderstandsfähige*, "resistentes a doenças fúngicas". Recentemente, elas têm sido recomendadas como a escolha mais adequada para a viticultura orgânica (Becker, 2013) e estão cultivadas em regiões do estado de Santa Catarina, como o Planalto Catarinense e o Vale do Rio do Peixe.

O Vale do Rio do Peixe é uma região tradicional de cultivo da videira, com pequenas propriedades agrícolas, sendo responsável por significativa parcela da produção estadual, com destaque para os municípios de Tangará, Videira e Pinheiro Preto. As uvas são destinadas à elaboração de vinhos e de sucos, sendo uma pequena porção cultivada para o consumo *in natura* (Fajardo et al., 2021). O Planalto Catarinense, por sua vez, é a mais recente região vitivinícola de Santa Catarina e em seus vinhedos predominam variedades *V. vinifera* para produção de vinhos finos e espumantes, plantadas entre 900 e 1400 metros de altitude (Ferri et al., 2020).

O ambiente em que estão inseridas interfere na fenologia e na suscetibilidade das videiras a patógenos. As mudanças climáticas, em especial, o aumento da temperatura do ar e a modificação da distribuição e da frequência de precipitação podem trazer impactos na produção da videira e causar alteração na área de cultivo e nas variedades cultivadas. Uma das mais importantes realizações do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) foi a divulgação de um conjunto de cenários de emissão de gases de efeito estufa, conhecidos

como cenários SRES (*Special Report on Emissions Scenarios*), que levam em consideração forçantes controladoras, como demografia, desenvolvimento socioeconômico, mudança tecnológica, bem como suas interações. A análise dessas mudanças climáticas é fundamental para a adoção de medidas de adaptação, com a finalidade de evitar prejuízos futuros (Ghini et al., 2011).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar as condições climatológicas, meteorológicas de 2018 a 2020 e em um cenário de mudanças climáticas e como podem interferir na fenologia e na soma térmica de variedades resistentes a doenças fúngicas (PIWI) e, a partir desse panorama, indicar os tratos culturais que poderão ser adotados para minimizar os efeitos do clima; além de inferir como será a incidência das doenças a que essas variedades são resistentes no cenário de mudanças climáticas nas regiões do Planalto Catarinense e do Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina, Brasil.

Material e Métodos

Aromera, Calardis Blanc e Felicia são variedades PIWI brancas, que possuem genes que proporcionam média a alta resistência ao míldio (*Plasmopara viticola*) e ao oídio (*Erysiphe necator*) e estão cultivadas em vinhedos experimentais em Curitiba (27°17'20"S; 50°36'17"O e a 1000 metros de altitude) e em Videira (27°1'30"S; 51°9'0"O e a 774 metros de altitude), municípios do estado de Santa Catarina, localizados, respectivamente, nas regiões do Planalto Catarinense e no Vale do Rio do Peixe. A implantação dos vinhedos foi realizada em 2015 e as plantas estão sobre o porta-enxerto Paulsen 1103 sob sistema de condução em espaldeira. O espaçamento é de três metros entre fileiras e 1,2 metros entre plantas. O desenho experimental foi constituído por cinco blocos casualizados, contendo 10 plantas por variedade em cada bloco, totalizando 150 plantas por parcela.

Os dados de temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$) e de precipitação pluviométrica média diária ($\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$) de 2018 a 2020 foram obtidos a partir das estações meteorológicas do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM-Epagri) e, a partir deles, foram calculadas as médias e os desvios padrão mensais. A base de dados climatológicos, utilizada como referência para comparação dos dados, foi fornecida pela *University of East Anglia/Climate Research Unit* (CRU) disponibilizada gratuitamente na URL; <http://www.cru.uea.ac.uk/data>, para o período de referência entre 1961-1990. Os dados de mudanças climáticas foram analisados de acordo com o cenário pessimista A2, do *Special Report on Emissions Scenarios* (SRES) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), utilizando-se a média aritmética das projeções de diferentes modelos climáticos globais disponibilizados pelo *Fourth Assessment Report* (AR4), para o período de 2071 a 2100. O cenário A2 descreve o aumento contínuo da população global aliado à lentidão de avanços tecnológicos, o que aumenta as emissões de gases do efeito estufa (GEE) até o ano 2100. A concentração de CO_2 na atmosfera aumenta para mais de 830 partes por milhão em volume no cenário A2, ou seja, cerca de três vezes maior do que a concentração antes da era industrial que era cerca de 280 ppm. A concentração dos outros GEE, principalmente CH_4 , N_2O e O_3 , também aumenta no cenário A2.

Para definição de áreas adequadas à produção de uva para vinho, foi aplicado o Sistema de Classificação Climática Multicritérios Geovitícola (CCM) (Tonietto & Carbonneau, 2004), composto pelos índices Heliotérmico (IH), de Frio Noturno (IF) e de Seca (IS). Para a análise da fenologia foi utilizada a escala fenológica desenvolvida por Lorenz et al. (1995), considerando as seguintes etapas: brotação (fase 4), início da floração (fase 12), final da floração (fase 26), mudança de cor (fase 35) e colheita (fase 38). A temperatura média diária foi utilizada para calcular o Índice de Winkler (IW) (Winkler et al., 1974) e os graus-dia de

desenvolvimento (GDD) necessários para atingir os diferentes estágios fenológicos. Considerou-se a temperatura base de 10°C, sendo calculados os GDD entre os subperíodos da brotação à colheita para cada variedade, durante as safras 2018/19 e 2019/20, por meio da equação $GDD = [(T_{máx} + T_{mín})/2] - T_b$. Os GDD acumulados para atingir cada fase fenológica foram usados posteriormente a partir da média encontrada durante as safras para prever a variação na fenologia sob o cenário A2 de mudanças climáticas. Além disso, foi apresentada uma adaptação da tabela de Ghini et al. (2011) das expectativas para a década de 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da incidência do míldio e do oídio da videira para o Planalto Catarinense e o Vale do Rio do Peixe.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentadas as variáveis temperatura média mensal (°C) e precipitação média diária (mm.dia⁻¹) nos municípios de Curitiba (CUR) e Videira (VID) de 2018 a 2020. As mesmas variáveis são apresentadas no Planalto Catarinense e no Vale do Rio do Peixe, regiões dos respectivos municípios, entretanto foram analisadas no passado (1961-1990) e no futuro (2071-2100). Durante o período de crescimento vegetativo das variedades estudadas, que se estende de setembro a março, nos anos de 2018 a 2020 observou-se uma diminuição média de 20,81% na precipitação nos meses de setembro, outubro e dezembro e um aumento médio de 25,83% nos meses de novembro, janeiro e março em comparação à normal climatológica. Ainda em relação à normal climatológica, no cenário A2 é previsto que haja um aumento médio da precipitação de outubro a março de 11,78%, o que significa um aumento de 106mm, durante o crescimento vegetativo, e uma diminuição média de 8,33% em setembro, o que equivale a 15mm mensais.

As temperaturas médias das safras estudadas permaneceram dentro do observado pelas normais climatológicas, já para o cenário A2 é previsto que haja uma elevação média de 3,6°C durante o período vegetativo nas regiões avaliadas. De Alencar Jr. & Delespote (2020) observaram que em um cenário com baixas emissões de gases de efeito estufa (B2), a temperatura média na maior parte do Brasil irá aumentar entre 2 e 3°C, já na consideração de um cenário com altas emissões (A2), a temperatura média na maior parte do país irá aumentar entre 4 e 6°C.

Conforme o Sistema de Classificação Climática Multicritérios Geovitícola (CCM), os comparativos dos índices Heliotérmico (IH), de Frio Noturno (IF) e de Seca (IS) médios das safras de 2018/19 e 2019/20 em relação à normal são apresentados na Tabela 2. De acordo com a normal e com o observado em ambas as safras, a classe do clima em Curitiba encontra-se na faixa de “temperado quente” (IH₊₁), “de noites temperadas” (IF₋₁) e “úmido” (IS₋₂), por apresentar, respectivamente, IH médio de 2,235, IF médio de 15,1°C e IS médio de 200 mm, mesma classificação climática encontrada por Ricce et al. (2018) para a Serra Gaúcha, Serra do Sudeste e em alguns municípios do sul do Paraná. Enquanto que, em Videira, o clima é “quente” (IH₊₂), “de noites temperadas” (IF₋₁) e “úmido” (IS₋₂), por apresentar, respectivamente, IH médio de 2.665, IF médio de 15,5°C e IS médio de 200 mm.

No cenário A2 proposto pelo IPCC, em que haverá elevação das temperaturas médias, 1°C acima, enquadraria ambas as regiões como “quente” (IH₊₂), semelhante ao encontrado por Uva et al. (2018) para a Campanha Gaúcha, a qual está classificada atualmente como clima “quente, de noites temperadas e subúmido”. Por sua vez, a elevação média da temperatura em 3°C alteraria também o IF, classificando as regiões como “de noites quentes” (IF₋₂) e Videira passaria a ficar classificada como “muito quente” (IH₊₃). A condição climática “muito quente, de noites quentes e úmida” foi observada por Conceição et al. (2013) no período de abril a

setembro em Boa Vista, Roraima, no polo produtivo do Vale do Rio Branco, o qual possui produção comercial de videiras desde 2005.

As datas de ocorrência das fases fenológicas apresentaram brotação homogênea durante final de setembro e início de outubro, com exceção da variedade Felicia, que teve brotação adiantada 13 dias na safra 2018/19 em Videira (Tabela 3). Desde o início do ciclo, Felicia provou ser a mais precoce; esse comportamento foi mantido até a colheita, completando o ciclo, em 130 dias em Curitibanos e 128 dias em Videira, de acordo com a média das safras. Em Curitibanos, a variedade Aromera foi a mais tardia, finalizando o ciclo em 164 dias, e Calardis Blanc completou em 148 dias. Em Videira, Aromera completou o ciclo em 124 e Calardis Blanc em 128 dias. Visto que, em Videira, as temperaturas médias atingiram de 2°C a 3°C acima das encontradas durante todo o ano em Curitibanos, as datas das colheitas foram antecipadas, em média, 1 mês, conforme observado em trabalho realizado por Fraga et al. (2016), em que foram analisadas as projeções das alterações climáticas para o setor vitícola na Europa de 2041 a 2070 e, apesar da forte heterogeneidade regional, o ciclo da variedades Pinot Noir foi antecipado em 1 mês quando projetada alteração entre 1°C e 5°C.

Quando o ciclo foi monitorado com base no acúmulo de energia necessária para completar as etapas, a menor necessidade térmica foi observada para Felicia (1357 GDD) e a maior necessidade foi registrada para Aromera (1714 GDD), de acordo com a média das safras (Figura 1). Em todas as variedades, a faixa desde o final da floração até a mudança de cor das bagas foi o período que apresentou maior necessidade de acúmulo térmico, mesmo comportamento encontrado por Costa et al. (2018) para as mesmas variedades no Vale da Uva Goethe em Urussanga/SC. Cada incremento de 1°C na temperatura média adiciona 214 GDD à estação de cultivo padrão (Keller, 2020), portanto, se houver um aumento médio de 3°C, as unidades de calor acumuladas aumentariam em 642 GDD, e, em um cenário de mudanças

climáticas, a energia acumulada encurtará os ciclos das variedades, podendo interferir na qualidade da uva diminuindo a acidez, conforme discutido por Ramos e Matínez de Toda (2020). Com o aumento de 3°C no ciclo de cultivo previsto, nos meses de dezembro a fevereiro haveria um incremento nos valores de GDD de 102,72 por mês e março de 128,4 GDD, indicando serem os responsáveis pelo maior acúmulo de energia durante o ano, devido ao maior aumento proporcional nas temperaturas médias nesses períodos.

A partir da relação de GDD em ambas as safras e do aumento previsto das temperaturas no cenário A2, é possível calcular que haja um encurtamento nos ciclos das três variedades de, em média, 24 dias, sendo que as fases de final da floração, mudança de cor e colheita sofreriam as maiores reduções, podendo chegar a 16 dias para Aromera em Curitiba (Tabela 4). Usando esta abordagem de GDD, nas três variedades de investigação, todos os estágios fenológicos foram calculados para serem alcançados significativamente mais cedo nos intervalos de tempo no cenário A2 do que nas safras estudadas, confirmando estudos realizados em outras regiões vitícolas nos últimos anos por Fraga et al., 2016; De Cortazar-Atauri, G. et al., 2017; Ramos, 2017; Sadras & Moran, 2013; Trought et al., 2014.

Analisando o cenário calculado de mudanças climáticas e tendo ciência de que produções sustentáveis são cada vez mais necessárias, é mister que seja estudado como variedades resistentes a doenças podem perpetuar em condições que alterem o seu ciclo de cultivo. Uma abordagem alternativa para a adaptação a temperaturas mais elevadas é adotar práticas de manejo que podem alterar a fenologia. Por exemplo, a poda das videiras no final do inverno, por volta da época do início da brotação, pode atrasar o início da abertura da gema em oito a 11 dias, quando comparada à poda tradicional do meio do inverno. Isso pode, por sua vez, resultar em um atraso na floração e na colheita de até quatro ou cinco dias (Friend & Trought, 2007).

Em outro estudo, aplicações com ácido 1-naftalenoacético (ANA), antes da mudança de cor das bagas, mostraram atrasar a mudança de cor em 12 a 40 dias, com efeitos semelhantes encontrados na maturação das bagas, chegando a atingir 20°Brix (Ziliotto et al., 2012). Outra alternativa é manipular a proporção entre a área foliar e o peso do fruto. Podar o dossel das videiras logo após a frutificação para reduzir a área da copa para menos de 0,75 m².kg de fruto⁻¹, pode aumentar o período desde a frutificação até a data da colheita em aproximadamente 5 dias, enquanto que, podar durante a frutificação ou a mudança de cor irá diminuir a taxa de acúmulo de açúcar (Parker et al., 2014); além de aumentar a circulação de ar no dossel, reduzindo a umidade e a incidência de doenças fúngicas. Por exemplo, uma redução da área foliar para 0,5 m².kg de fruto⁻¹ diminuiu a taxa de acúmulo de sólidos solúveis em aproximadamente 50%, atrasando a data de colheita (Trought et al., 2014).

Além disso, a importância do cultivo de variedades resistentes a doenças fúngicas é intensificada ao analisarmos a incidência dessas doenças em cenários previstos de mudanças climáticas. De acordo com Ghini et al. (2011), no cenário A2, avalia-se encontrar diminuição da pressão do míldio em agosto e setembro, período em que é prevista menor quantidade de chuvas, entretanto foi calculado um aumento da incidência do míldio de outubro a fevereiro e do oídio de outubro a dezembro nas regiões do estudo (Tabela 5). Conforme observado por Hamada et al. (2015), os mapas de favorabilidade climática ao oídio da videira confeccionados para os climas futuros indicam que, de um modo geral, haverá aumento da área favorável ao desenvolvimento da doença no país em todos os meses do ano. Além disso, esse aumento será progressivo ao longo dos períodos futuros avaliados.

Para o míldio, hoje a ocorrência é observada em quase todas as regiões vitivinícolas do mundo e até 75% das colheitas podem ser destruídas (Buonassisi et al., 2017); sendo que o encontrado por Angelotti et al. (2017) indica que as áreas que favorecem a ocorrência do míldio

da videira no Brasil é em torno de 90%, sendo 1% de áreas menos favoráveis e 5% de áreas desfavoráveis, podendo, entretanto, haver redução de 20% em áreas favoráveis à ocorrência da doença no cenário A2 para o período de 2071 a 2100. Para avaliar os riscos de incidência do míldio da videira é utilizado o Índice Hidrotérmico de Zuluaga (IZ) (Zuluaga et al., 1971) e, a partir dele, é possível inferir que tanto em Curitiba quanto em Videira nas safras atuais são classificadas como áreas limitadas para o plantio de videira devido à elevada incidência da doença e essa classificação permanecerá inalterada no cenário A2.

Conclusão

As videiras, apesar de possuírem grande plasticidade de adaptação a diversas condições climáticas, têm o seu ciclo fortemente regulado pelas características do local de plantio. Durante o período de crescimento vegetativo das variedades estudadas é previsto, pelo cenário A2 de mudanças climáticas do IPCC, que ocorra aumento da precipitação de outubro a março e diminuição em setembro, além de elevação da temperatura média em 3,6°C. Essa modificação no clima causará alterações tanto na fenologia das variedades PIWI, quanto na incidência das doenças a que essas variedades são resistentes nos municípios analisados. Portanto, para perpetuar o plantio das variedades resistentes e promover vinificações sustentáveis, é imprescindível que o estudo das análises relacionadas ao manejo seja continuado, visando reduzir o estresse causado nessas condições de plantio para manter a sanidade e qualidade enológica.

Referências

- ANGELOTTI, F.; HAMADA, E.; MAGALHÃES, E. E.; GHINI, R.; GARRIDO, L. D. R.; PEDRO, M. J. Climate change and the occurrence of downy mildew in Brazilian grapevines. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 426-434, 2017.
- BECKER, A. Piwis in der Praxis. **Schweiz. Z. Obst Weinbau**, v. 3, p. 4-7, 2013.
- BUONASSISI, D.; COLOMBO, M.; MIGLIARO, D.; DOLZANI, C.; PERESSOTTI, E.; MIZZOTTI, C.; VEZZULLI, S. Breeding for grapevine downy mildew resistance: a review of “omics” approaches. **Euphytica**, v. 213, n. 5, p. 103, 2017.
- CONCEIÇÃO, M. A. F.; ARAÚJO, W. F.; TONIETTO, J.; DO PRADO, R. J. Aptidão climática para o cultivo da videira em Boa Vista, Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 7, n. 3, p. 277-283, 2013.
- COSTA, A.; DELA BRUNA, E.; MALINOVSKI, L. I.; SILVA, A. L.; NODARI, R. O.; GUERRA, M. P.; ROSSAROLLA, M. D. Phenology and thermal requirements of disease-resistant genotypes (PIWI) grown in the Goethe Grape Valley region of Brazil. In: **XII International Conference on Grapevine Breeding and Genetics** 1248. p. 141-148, 2018.
- DE ALENCAR JR., A. A. M.; DELESPOSTE, J. E. Análise das mudanças climáticas no mundo e no brasil, considerando cenários de baixa e alta emissão de GEE por fontes antropogênicas. **XXVII Simpósio de Engenharia de Produção Economia Circular e suas Interfaces com a Engenharia de Produção**. Bauru, SP, Brasil, 2020.
- DE CORTAZAR-ATAURI, I. G.; DUCHÊNE, É.; DESTAC, A.; BARBEAU, G.; DE RESSÉGUIER, L.; LACOMBE, T.; VAN LEEUWEN, C. Grapevine phenology in France: from past observations to future evolutions in the context of climate change. **Oeno One**, v. 51, n. 2, p. 115-126, 2017.

FAJARDO, T. V. M.; MENEZES-NETTO, A. C.; NICKEL, O. **Incidência de viroses em videiras no Vale do Rio do Peixe (Brasil) e parâmetros de amostragem para indexação viral em videiras**. Embrapa Uva e Vinho-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2021.

FERRI, G. K.; NODARI, E. S.; NODARI, R. O. A vitivinicultura do Planalto de Santa Catarina: observações preliminares sob a perspectiva da história ambiental global. XVIII Encontro Estadual de História: direitos humanos, sensibilidades e resistências. **Anais**. UNESC, Criciúma, 2020.

FRAGA, H.; GARCÍA, C. A. I.; MALHEIRO, A. C.; SANTOS, J. A. Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. **Global change biology**, v. 22, n. 11, p. 3774-3788, 2016.

FRIEND, A. P.; TROUGHT, M. CT. Delayed winter spur-pruning in New Zealand can alter yield components of Merlot grapevines. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, 13, n. 3, p. 157-164, 2007.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Embrapa Meio Ambiente-Livro científico (ALICE), 2011.

HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; GARRIDO, L. D. R.; GHINI, R. Cenários futuros de epidemia do oídio da videira com as mudanças climáticas para o Brasil. **Embrapa Uva e Vinho-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2015.

KELLER, M. The science of grapevines. **Academic press**, 2020.

LORENZ, D. H.; EICHHORN, K. W.; BLEIHOLDER, H.; KLOSE, R.; MEIER, U.; WEBER, E. 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**, 1(2), 100–103, 1995.

- PARKER, A.; TROUGHT, M. C.; HOFMANN, R.; MCLACHLAN, A. R.; VAN LEEUWEN, C. The influence of two methods of crop removal at different leaf areas on maturation of Sauvignon blanc (*Vitis vinifera* L.). **J. Int. Sci. Vigne Vin.** 48:43-50, 2014.
- RAMOS, M. C. Projection of phenology response to climate change in rainfed vineyards in north-east Spain. **Agricultural and forest meteorology**, v. 247, p. 104-115, 2017.
- RAMOS M. C.; MARTÍNEZ DE TODA, F. Projecting changes in phenology and grape composition of Tempranillo and Grenache varieties under climate warming in Rioja DOCa. **Vitis: Journal of Grapevine Research**, 2020, vol. 59, núm. 4, p. 181-190, 2020.
- RICCE, W. S.; ROBERTO, S. R.; TONIETTO, J.; CARAMORI, P. H. Agroclimatic zoning for winemaking grape production in the State of Paraná. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 4, n. 1, p. 14 - 21, 2018.
- ROUSSEAU, J.; CHANFREAU, S.; BONTEMPS, É. **Les Cépages Résistants and Maladies Cryptogamiques**. Groupe ICV, Bordeaux, pp. 228, 2013.
- SADRAS, V. O.; MORAN, M. A. Nonlinear effects of elevated temperature on grapevine phenology. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 173, p. 107-115, 2013.
- TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agric. Forest. Meteorol.** 124, 81–97, 2004.
- TROUGHT, M. C. T.; PARKER, A. K.; VAN LEEUWEN, C. Can a change in vineyard practice mitigate warming due to climate change?. In: **XI International Conference on Grapevine Breeding and Genetics** 1082. p. 397-402, 2014.
- UVA, E.; VINHO, B. G.; TONIETTO, R. J.; VINHO, B.; GONÇALVES, R. S. **Condições meteorológicas e sua influência na safra vitícola de 2018 em regiões produtoras de vinhos finos do Sul do Brasil**. 21p. 2018.

WINKLER, A. J.; COOK, J. A.; KLIEWER, W. M.; LIDER, L. A. **General viticulture**. Berkeley: University of California, 710pp, 1974.

ZILLOTTO, F.; CORSO, M.; RIZZINI, F. M.; RASORI, A.; BOTTON, A.; BONGHI, C. Grape berry ripening delay induced by a pre-véraison NAA treatment is paralleled by a shift in the expression pattern of auxin-and ethylene-related genes. **BMC plant biology**, v. 12, n. 1, p. 1-15, 2012.

ZULUAGA, P. A.; ZULUAGA, E. M.; LUMELLI, J.; IGLESIA, F. J. Ecología de la vid en la República Argentina. Mendoza: Instituto de Viticultura, **Boletín Especial**, 166, 149p., 1971.

Tabelas

1
2
3
4
5
6

Tabela 1. Precipitação pluviométrica média diária e temperatura média mensal nos municípios de Curitiba (CUR) e Videira (VID) de 2018 a 2020; e nas regiões do Planalto Catarinense e do Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina, Brasil, durante um período de referência (1961-1990) e no cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-2100).

Mês	Precipitação pluviométrica média diária (mm.dia ⁻¹)				Temperatura média mensal (°C)			
	Dados Meteorológicos	Dados Meteorológicos	Referência	Cenário A2	Dados Meteorológicos	Dados Meteorológicos	Referência	Cenário A2
	CUR (2018-2020)	VID (2018-2020)	Regiões (1961-1990)	Regiões (2071- 2100)	CUR (2018-2020)	VID (2018-2020)	Regiões (1961-1990)	Regiões (2071- 2100)
Jan	7±2,5	6±2,9	4-6	5-6	21±0,9	23±0,8	20-26	24-30
Fev	5±1,0	6±0,2	5-6	5-7	19±0,3	21±0,4	20-26	24-30
Mar	5±2,4	6±3,1	3-5	4-5	19±0,4	21±0,2	18-24	22-30
Abr	3±1,6	3±2,5	3-6	3-6	17±1,7	18±1,5	16-22	18-24
Mai	4±2,5	5±3,1	4-6	3-6	13±1,4	16±1,3	14-18	16-22
Jun	4±1,9	5±3,7	3-6	4-5	12±0,3	15±1,0	12-16	14-20
Jul	2±1,5	2±1,3	4-5	4-5	12±1,5	14±0,6	12-16	14-20
Ago	3±1,6	3±1,2	4-6	4-5	11±0,6	14±0,7	12-18	16-22
Set	4±2,0	4±1,8	5-7	5-6	15±0,3	18±0,7	14-18	16-22
Out	4±2,0	6±3,6	5-6	5-7	17±0,7	20±0,8	16-22	18-24
Nov	6±1,1	5±0,9	4-6	5-7	18±0,3	21±0,3	18-24	20-28
Dez	4±1,1	4±0,7	4-6	5-6	20±0,2	22±0,2	18-24	22-28

7 **Tabela 2.** Índices Climáticos do Sistema de Classificação Climática Multicritérios Geovitécola
 8 (CCM) dos municípios de Curitibanos (CUR) e Videira (VID), Santa Catarina, Brasil, durante
 9 as safras 2018/19 e 2019/20, os anos de referência (1961-1990) e o cenário futuro A2 para a
 10 década de 2080 (2071-2100).

Localidade	Índice ⁽¹⁾	CCM Safra 2018/19		CCM Safra 2019/20	
		Valor e sigla	Classes do clima	Valor e sigla	Classes do clima
CUR – Planalto Catarinense	IH	2232 ⁽²⁾ (IH ₊₁)	Temperado quente	2268 (IH ₊₁)	Temperado quente
	IF	15,2 (IF ₋₁)	De noites temperadas	14,9 (IF ₋₁)	De noites temperadas
	IS	200 (IS ₋₂)	Úmido	200 (IS ₋₂)	Úmido
VID – Vale do Rio do Peixe	IH	2656 (IH ₊₂)	Quente	2813 (IH ₊₂)	Quente
	IF	16,6 (IF ₋₁)	De noites temperadas	14,3 (IF ₋₁)	De noites temperadas
	IS	200 (IS ₋₂)	Úmido	200 (IS ₋₂)	Úmido
Localidade	Índice	CCM Normal		CCM A2 (2071-2100) ⁽³⁾	
		Valor e sigla	Classes do clima	Valor e sigla	Classes do clima
CUR – Planalto Catarinense	IH	2206 (IH ₊₁)	Temperado quente	2789 (IH ₊₂)	Quente
	IF	15,1 (IF ₋₁)	De noites temperadas	18,2 (IF ₋₂)	De noites quentes
	IS	200 (IS ₋₂)	Úmido	200 (IS ₋₂)	Úmido
VID – Vale do Rio do Peixe	IH	2528 (IH ₊₂)	Quente	3204 (IH ₊₃)	Muito quente
	IF	15,5 (IF ₋₁)	De noites temperadas	18,6 (IF ₋₂)	De noites quentes
	IS	200 (IS ₋₂)	Úmido	200 (IS ₋₂)	Úmido

11 ⁽¹⁾IH – Índice Heliotérmico; IF – Índice de Frio Noturno (°C); IS – Índice de Seca (mm). ⁽²⁾Índices calculados a
 12 partir de dados das estações meteorológicas da Epagri e do INMET. ⁽³⁾Aumento médio de 3°C.

13
 14 **Tabela 3.** Datas de ocorrência das fases fenológicas das variedades Aromera, Calardis Blanc e
 15 Felicia, cultivadas nos municípios de Curitibanos e Videira, Santa Catarina, Brasil, durante as
 16 safras 2018/19 e 2019/20.

Variedades	Municípios	Brotação	Início floração	Final floração	Mudança de cor	Colheita	DCCF ^(*)
Aromera	CUR	01/10/2018	15/11/2018	26/11/2018	24/01/2019	20/03/2019	170
	VID	02/10/2018	02/11/2018	14/11/2018	12/01/2019	29/01/2019	119
Calardis Blanc	CUR	27/09/2018	05/11/2018	15/11/2018	21/01/2019	27/02/2019	153
	VID	25/09/2018	22/10/2018	03/11/2018	30/12/2018	29/01/2019	126
Felicia	CUR	24/09/2018	01/11/2018	15/11/2018	31/12/2018	12/02/2019	141
	VID	10/09/2018	20/10/2018	03/11/2018	07/12/2018	16/01/2019	128
Aromera	CUR	07/10/2019	20/11/2019	05/12/2019	27/01/2020	12/03/2020	157
	VID	29/09/2019	29/10/2019	08/11/2019	20/01/2020	04/02/2020	128
Calardis Blanc	CUR	07/10/2019	06/11/2019	20/11/2019	27/01/2020	27/02/2020	143
	VID	27/09/2019	23/10/2019	01/11/2019	15/12/2019	04/02/2020	130
Felicia	CUR	30/09/2019	06/11/2019	26/11/2019	03/01/2020	27/01/2020	119
	VID	23/09/2019	20/10/2019	30/10/2019	10/12/2019	28/01/2020	127

17 ^(*)DCCF = Dias para completar o ciclo fenológico

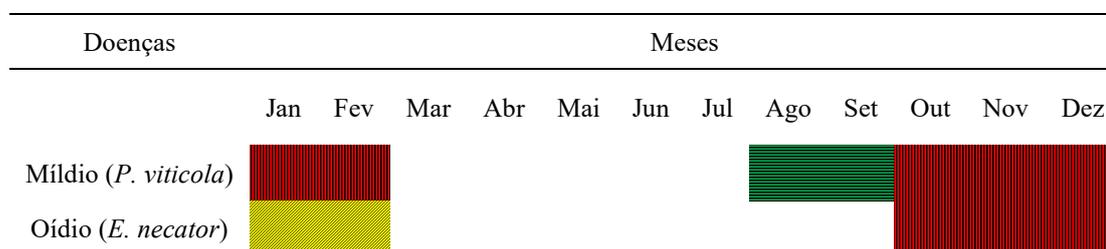
18 **Tabela 4.** Dias para completar as fases fenológicas das variedades Aromera, Calardis Blanc e
 19 Felicia, cultivadas nos municípios de Curitibanos (CUR) e Videira (VID), Santa Catarina,
 20 Brasil, durante as safras 2018/19 e 2019/20 e no cenário futuro A2 para a década de 2080 (2071-
 21 2100).

DCFF(*)	Variedades	Municípios	Brotação- Início Floração	Início Floração- Final Floração	Final Floração- Mudança de cor	Colheita	Total
Média Safras DCFF	Aromera	CUR	45	13	51	50	159
		VID	31	11	66	16	124
	Calardis Blanc	CUR	35	12	68	34	148
		VID	27	11	51	41	128
	Felicia	CUR	38	17	42	34	130
		VID	34	12	38	45	128
DCFF A2	Aromera	CUR	38	8	44	41	131
		VID	26	7	59	11	103
	Calardis Blanc	CUR	28	7	59	27	122
		VID	22	7	43	34	107
	Felicia	CUR	31	11	34	27	104
		VID	28	8	30	38	105
Redução A2 DCFF	Aromera	CUR	6	5	7	9	27
		VID	4	4	7	5	20
	Calardis Blanc	CUR	6	5	8	7	26
		VID	4	3	7	6	21
	Felicia	CUR	7	6	8	6	26
		VID	6	4	7	6	23

22 (*)DCFF: Dias para Completar a Fase Fenológica.

23

24 **Tabela 5.** Expectativa para a década de 2080 de acréscimo, decréscimo e manutenção da
 25 incidência do míldio e do oídio durante o período vegetativo/reprodutivo das variedades PIWI
 26 nas regiões do Vale do Rio do Peixe e do Planalto Catarinense, Santa Catarina, Brasil.



27 Adaptado de Ghini et al., 2011

28 Análise da incidência/severidade:

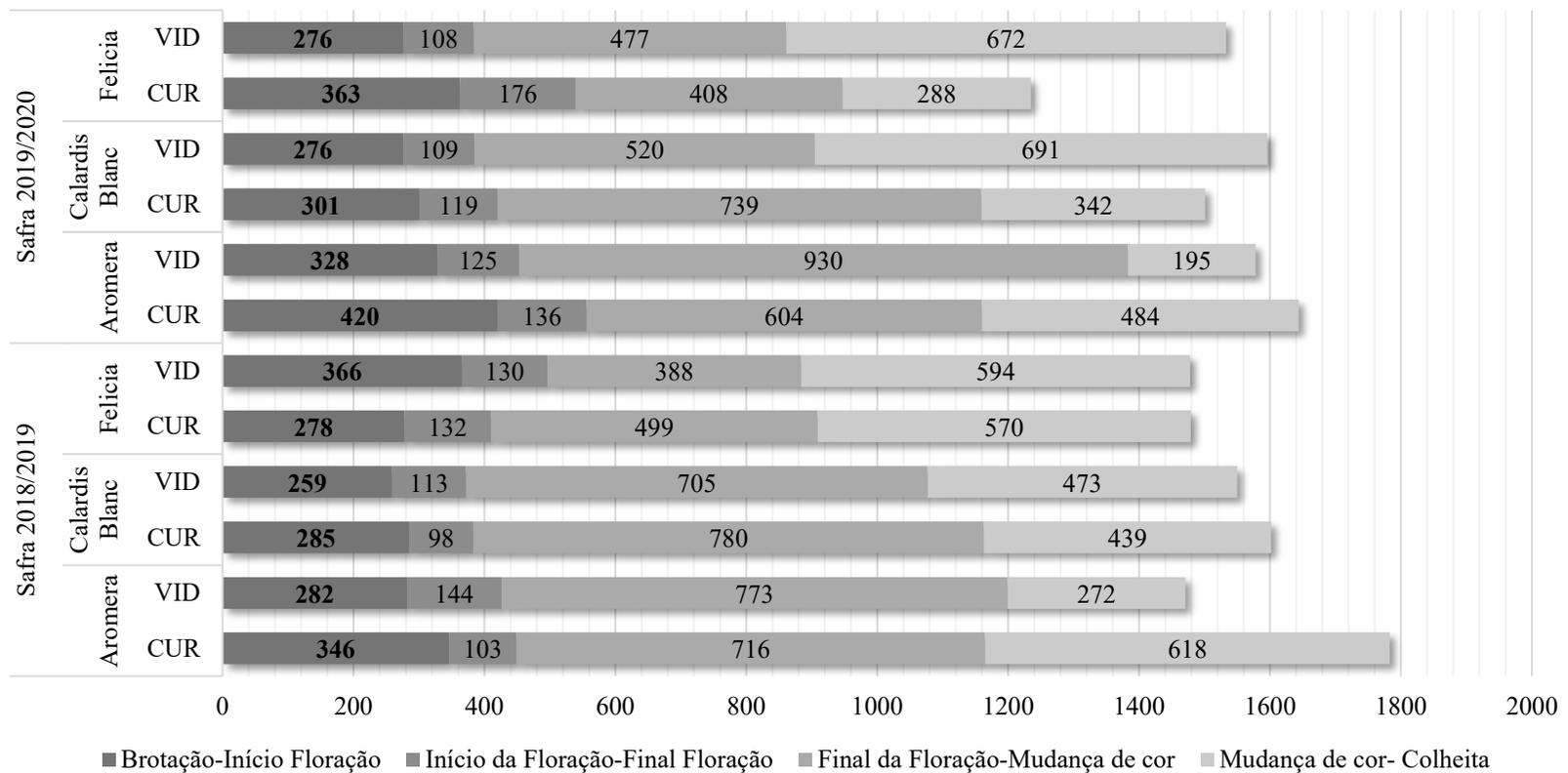
- 29  Incidência/severidade agravada, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
- 30  Incidência/severidade semelhante à atualmente vigente na região e época em questão;
- 31  Incidência/severidade reduzida, em relação à atualmente vigente no período e região, em função das alterações climáticas previstas;
- 32  Ausência da doença

33

Figura

34

35 **Figura 1.** Soma térmica acumulada necessária para superar a fase fenológica das variedades Aromera, Calardis Blanc e Felicia, cultivadas nos
 36 municípios de Curitibanos (CUR) e Videira (VID), Santa Catarina, Brasil, durante as safras 2018/19 e 2019/20.



37

5 CONCLUSÃO

As diferentes altitudes proporcionaram condições climáticas estatisticamente diversas, com menores temperaturas médias, maior radiação solar e maior velocidade do vento conforme o aumento da altitude, as quais influenciaram no desenvolvimento das variedades, por meio da redução da área foliar e do ciclo fenológico. O Índice de Ravaz mostrou que o vigor durante o período analisado estava entre aceitável e ideal, exceto para a variedade Aromera, indicando ser necessário manejo de dossel com mais intensidade para essa variedade.

Diferentes altitudes e vigores demonstraram respostas distintas nos valores de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*. Durante todo o período houve um incremento na fotossíntese líquida (*A*) conforme a elevação da altitude, entretanto, maiores valores de condutância estomática (g_s), taxa transpiratória (*E*) e carbono interno (*C_i*) foram observados somente durante a safra 2019/20 na altitude mais elevada.

Na maior altitude foram observados valores mais elevados na taxa de transporte de elétrons (ETR) e mais reduzidos da dissipação não-fotoquímica (NPQ), assim como valores ideais de rendimento quântico máximo do fotossistema II (*F_v/F_m*), os quais indicam não haver dano no aparato fotossintético e que as plantas estão aptas a superarem estresses. Foram observados, na altitude intermediária, valores significativamente menores para os parâmetros *F_v/F_m*, rendimento quântico efetivo do fotossistema II ($\Delta F/F_m'$), ETR e valores mais elevados da NPQ, indicando que o ataque de fungos refletiram em danos ao fotossistema II, mais acentuadamente durante a safra 2019/20.

A produtividade não foi influenciada pela diferença nas altitudes, somente pelo ataque de fungos e nematoides ocorrido na altitude intermediária. Na altitude mais elevada, para Aromera e Calardis, na safra 2018/19, e em todas as altitudes e variedades, na safra 2019/20, as variedades atingiram o teor de sólidos solúveis e acidez ideais para a vinificação. Além disso, as condições climáticas proporcionaram que as videiras se desenvolvessem com ciclos fenológicos mais longos devido às menores temperaturas.

Conforme observado, as videiras, apesar de possuírem grande plasticidade de adaptação a diversas condições climáticas, têm o seu ciclo fortemente regulado pelas características do local de plantio. Em um cenário A2 projetado de mudanças climáticas, tendo em vista a elevação da temperatura e irregularidades na precipitação causadas pelo crescimento contínuo da população global e altas emissões de gases do efeito estufa, ocorrerão alterações tanto na fisiologia das variedades PIWI, quanto na incidência das doenças a que essas

variedades são resistentes nas localidades estudadas. A partir desse contexto é imprescindível que sejam continuamente pesquisados manejos que reduzam o estresse causado nos ciclos de cultivo, assim como devem ser pesquisadas regiões que proporcionem melhor desenvolvimento dessas variedades, visando manter a qualidade enológica e perpetuar o seu plantio para promover vinificações mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- AINSWORTH, E.A.; LONG, S.P. What have we learned from 15 years of free air-CO₂ enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂. **New Phytologist** 165: 351-372, 2005.
- ALBUQUERQUE, T. C. S. **Adubação mineral da videira**. Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: FEIRA NACIONAL DA AGRICULTURA IRRIGADA-FENAGRI, Petrolina. Minicursos: apostilas. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004.
- ALMANÇA, M. A. K.; LERIN, S.; CAVALCANTI, F. R. Doenças da videira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 36, n. 289, p. 7-12, 2015.
- ALMANZA M. J.; QUIJANO-RICO, M. A.; FISCHER, G.; CHAVES, B.; BALAGUERA-LÓPEZ, H. E. Physicochemical characterization of 'Pinot Noir' grapevine (*Vitis vinifera* L.) fruit during its growth and development under high altitude tropical conditions. **Agronomía Colombiana**, v. 28, n. 2, p. 173-180, 2010.
- ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R. Agrometeorologia fundamentos e aplicações práticas. **Agropecuária**, Guairá, 2002.
- AUSTIN, C. N.; WILCOX, W. F. Effects of fruit-zone leaf removal, training systems, and irrigation on the development of grapevine powdery mildew. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 62, n. 2, p. 193-198, 2011.
- BACK, A. J.; DELLA BRUNA, E.; DALBÓ, M. A. Mudanças climáticas e a produção de uva no vale do Rio do Peixe-SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 159-169, 2013.
- BADUCA CAMPEANU, C.; BELENIUC, G.; SIMIONESCU, V.; PANAITESCU, L.; GRIGORICA, L. Climate change effects on ripening process and wine composition in Oltenia's vineyards from Romania. ISHS. **Acta Horticulturae**, v. 931, 2012.
- BARBOSA, M. A. G.; FREITAS, D. M. S.; JÚNIOR, P. M. R.; BATISTA, D. C.; Manejo de doenças de fruteira de clima temperado, subtropical e tropical: Doença da videira. Belo Horizonte: Epamig, **Informe agropecuário**, 291, v. 37, n. 291, p. 86-98, 2016.
- BASLER, P.; PFENNINGER, H. Disease-resistant cultivars as a solution for organic viticulture. ISHS **Acta Horticulturae**, Hungary, v.603, p.681–685, 2003.
- BECKER, A. Piwis in der Praxis. Schweiz. Z. **Obst Weinbau**, v. 3, p. 4-7, 2013.
- BESLIC, Z.; TODIC, S.; TESIC, D. Validation of non-destructive methodology of grapevine leaf area estimation on cv. Blaufränkisch (*Vitis vinifera* L.). **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 31, n. 1, p. 22-25, 2010.

- BERLI, F.; MORENO, D.; HESPANHOL-VIANA, L.; BRESSIAN-SMITH, R.; CAVAGNARO, J.B.; BOTTINI, R. **Plant Cell Environ.** 22, 1, 2010.
- BIASI, J. A.; RECHIA, A. C.; PERETTI, J.; KAVISKI, F. Resgate histórico: a arquitetura ferroviária em Videira–SC. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 7, n. 2, p. 161-180, 2019.
- BJÖRKMAN, O.; DEMMIG, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v. 170, n. 4, p. 489-504, 1987.
- BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; ÖQUIST, G. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In: Photosynthesis and production in a changing environment. **Springer**, Dordrecht, 1993. p. 193-206.
- BORGHEZAN, M.; GAVIOLI, O.; PIT, F. A.; DA SILVA, A. L. Modelos matemáticos para a estimativa da área foliar de variedades de videira à campos (*Vitis vinifera* L.). **Ciência e Técnica Vitivinícola**, v. 25, n. 1, p. 1-7, 2010.
- BORGHEZAN, M.; VILLAR, L.; SILVA, T. C.; CANTON, M.; GUERRA, M. P.; CAMPOS, C. G. C. Phenology and vegetative growth in a new production region of grapevines: case study in São Joaquim, Santa Catarina, southern Brazil. **Open Journal of Ecology**, v. 04, p. 321-335, 2014.
- BRAGA, H. J.; GHELLRE, R. **Proposta de diferenciação climática para o Estado de Santa Catarina**. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. p. 20-31, 1999.
- BRIGHENTI, A.F.; BRIGHENTI, E.; BONIN, V.; RUFATO, L. Caracterização fenológica e exigência térmica de diferentes variedades de uvas viníferas em São Joaquim, Santa Catarina – Brasil. **Ciência Rural**, v.43, n.7, 2013.
- BRIGHENTI, A.F.; DA SILVA, A.L.; BRIGHENTI, E.; PORRO, D.; STEFANINI, M. Desempenho de variedades autóctones italianas em condições de elevada altitude no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, n.6, p.465-474, jun. 2014.
- BURIN, V. M.; SILVA, A. L.; MALINOVSKI, L.I.; ROSIER, J. P.; FALCÃO, L. D.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Characterization and multivariate classification of grapes and wines of two Cabernet Sauvignon clones. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 474-481, 2011.
- CABRAS, P.; ANGIONI, A. Pesticide residues in grapes, wine and their processing products. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.48, n.4 p.967–973, 2000.

- CAHILL, K. N.; LOBELL, D. B.; FIELD, C. B.; BONFILS, C.; HAYHOE, K., 2007. **Modeling climate change impacts on wine grape yields and quality in California**. In Réchauffement Climatique, Quels Impacts Probables Sur Les Vignobles?. Dijon, France, pp. 1–9.
- CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P. S.; REVERS, L. F. Grapevine breeding for tropical and subtropical environments in Brazil. **Bulletin de l'OIV**, v. 81, n. 923-924-925, p. 5-10, 2008.
- CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p. 144-149, 2011.
- CAMPOSTRINI, E. **Fluorescência da clorofila a**: considerações teóricas e aplicações práticas. Rio de Janeiro: UENF/CCTA, 34 p., 2001.
- CARROLL, J. E.; WILCOX, W. F. Effects of humidity on the development of grapevine powdery mildew. **Phytopathology**, v. 93, n. 9, p. 1137-1144, 2003.
- CASTRO, R.; CRUZ, A.; FIGUIERA, L.; MOREIRA, M.; RODRIGUES, C.; GOMES, C. Shoot density and leaf removal effects on microclimate, yield, fruit composition and wine quality of the Portuguese vine variety Touriga Nacional. Geisenheim, **Comptes Rendus**. XIV Gesco, v.2, p.705-711, 2005.
- CAVALHEIRO, C.; DEEKE, M.; MATTOS, J.; SUSKI, P. ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO E SOCIOECONÔMICO DO ESTADO DE SANTA CATARINA.
- CHAMPAGNOL, F. **Elements de physiologie de la vigne et de viticulture générale**. Montpellier: François Champagnol. 351 p., 1984.
- CHAPMAN, D.M.; MATTHEWS, M.A.; GUINARD, J.X. Sensory attributes of Cabernet Sauvignon wines made from vines with different crop yields. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 55, n. 4, p. 325-334, 2004.
- COLLINS, M.; KNUTTI, R.; ARBLASTER, J.; DUFRESNE, J. L.; FICHEFET, T.; FRIEDLINGSTEIN, P.; BOOTH, B. B. Long-term climate change: projections, commitments and irreversibility. In: Climate Change 2013-The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **Cambridge University Press**, p. 1029-1136, 2013.
- CONSTANTINESCU, G. Méthodes et principes de détermination des aptitudes viticoles d'une région et du choix des cépages appropriés. **Bulletin de l'OIV**, v. 40, p.179-205, 1967.

- CORDEIRO, W. **A vitivinicultura em São Joaquim - SC: uma nova atividade no município.** 2006. 132f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. Florianópolis, 2006.
- COSME F.; GONÇALVES B.; INÊS A.; JORDÃO A. M.; VILELA A. Grape and wine metabolites: biotechnological approaches to improve wine quality. **Grape and wine biotechnology.** Rijeka, p. 187-224, 2016.
- COSTA, T. V. D.; FACANHA, R. V.; SCARPARE FILHO, J. A. Etefon sprays as a defoliant in 'niagara rosada'vine subjected to two crop production per year. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 38. 2016.
- COSTACURTA, A.; TOMASI, D., **Rivista di Viticoltura e di Enologia**, 41, 491, 1988.
- COSTANZA, P.; TISSEYRE, B.; HUNTER, J. J.; & DELOIRE, A. Shoot development and non-destructive determination of grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaf area. **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 25, n. 2, p. 43-47, 2004.
- DAI, Z. W.; OLLAT, N.; GOMÈS, E.; DECROOCQ, S.; TANDONNET, J. P.; BORDENAVE, L.; PIERI, P.; HILBERT, G.; KAPPEL, C.; LEEUWEN, C .V.; VIVIN, P.; DELROT, S. Ecophysiological, Genetic, and Molecular Causes of Variation in Grape Berry Weight and Composition: A Review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.62, n 4, p.413-425, 2011.
- BEM, B. P. D.; BOGO, A.; BRIGHENTI, A. F.; WRUZ, D. A.; ALLEBRANDT, R.; STEFANINI, M.; RUFATO, L. Dinâmica temporal do míldio da videira em variedades Piwi na região de San Michele All'Adige, Trentino-Itália. **Summa Phytopathologica**, v. 46, p. 212-220, 2020.
- DIAS DE OLIVEIRA E. A.; BRAMLEY, H.; SIDDIQUE, K. H. M.; HENTY, S.; BERGER, J.; PALTA, J. A. Can elevated CO₂ combined with high temperature ameliorate the effect of terminal drought in wheat?. **Functional Plant Biology** 40, 160-171, 2013.
- DIFFENBAUGH, N. S.; SCHERER, M. Using climate impacts indicators to evaluate climate model ensembles: Temperature suitability of premium winegrape cultivation in the United States. **Climate dynamics**, v. 40, n. 3, p. 709-729, 2013.
- DISEGNA, E.; CONIBERTI, A.; DELLACASSA, E.; BOIDO, E.; CARRAU, F.; FARIÑA, L.; MEDINA, K.; CAPRA, A. Avances en la determinacion de la relacion optima: área foliar/carga para la produccion de uvas y vinos de calidad superior enel cultivar 'Tannat' em

- sistemas de conduccion em lira y espaldera. In: X Congresso Latino-Americano de Viticultura e Enologia. Anais... Bento Gonçalves, p. 278, 2005.
- DOKOOZLIAN, N. K. **Grape berry growth and development**. Raisin production manual, v. 3393, p. 30, 2000.
- DUCHÊNE, E. How can grapevine genetics contribute to the adaptation to climate change? OENO ONE: Journal International Des Sciences de La Vigne et Du Vin. **International Journal of Vine and Wine Sciences**. 50p. 113-124, 2016.
- DURY, G. H. High temperature extremes in Austrália. **Anais**. Annals of the Association of American Geographers. 62 (3), 388–400. 1972.
- EIBACH, R.; TÖPFER, R. Traditional grapevine breeding techniques. In: REYNOLDS, Andrew (Ed.). **Grapevine Breeding Programs for the Wine Industry**. Canadá: Woodhead Publishing, Cap. 1. p. 1-466, 2015.
- EMBRAPA, S. **Sistemas de Produção**. Nº, v. 1, 2016.
- EPAGRI. **Normas técnicas para o cultivo da videira em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, (Normas Técnicas), 2004.
- EVANS, R.G.; SPAYD, S. E.; WAMPLE, R. L.; KROEGER, M. W.; MAHAN, M. O. Water use of Vitis vinifera grapes in Washington. **Agr. Water Manage**. 23:109-124, 1993.
- FERREIRA, S. L. A.; HUNTER, C. A. Wine tourism development in South Africa: a geographical analysis. **Tourism Geographies**, v. 19, n. 5, p. 676-698, 2017.
- FERRI, G. K. Projeto História & Vitivinicultura: desenvolvimento socioeconômico e sustentabilidade em meio aos vinhedos do Planalto de Santa Catarina. **REMAS – Revista Educação, Meio Ambiente e Saúde**, vol. 09, n. 02, p. 28-50, 2019.
- FILHO, J. E.; DE MIRANDA; M. R. A.; DA SILVEIRA J. A. G. **Apostila de Fisiologia Vegetal**. Unidade V – Fotossíntese. Universidade Federal do Ceará. 40 p., 2015.
- FOUNTAIN, J.; CHARTERS, S.; COGAN-MARIE, L. The real Burgundy: negotiating wine tourism, relational place and the global countryside. **Tourism Geographies**, p. 1-21, 2020.
- FONTENEAU, P.; CARBONNEAU, A. **Progress Agricole et Viticole**, Vil. 122, 361, 2005.
- FOURNIOUX, J.C. Influences foliaires sur le développement végétatif de la vigne. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v.31, n.4, p.165-183, 1997.
- FRAGA, H.; COSTA, R.; SANTOS, J. A. Multivariate clustering of viticultural terroirs in the Douro winemaking region. **Ciência e Técnica vitivinícola**, v. 32, n. 2, p. 142–153, 2017.

FRAGA, H.; GARCÍA, C. A. I.; MALHEIRO, A. C.; SANTOS, J. A. Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. **Global change biology**, v. 22, n. 11, p. 3774-3788, 2016.

FREDES, C.; BENNEWITZ, E.V. Efectos del manejo de follaje, vigor y carga sobre parâmetros vegetativos - productivos y madurez em viñedos Carménère. **Revista Enologia**, n. 4, p. 1-7, 2008.

FREGONI, M.; TRAICCA D. **Vignevini**, 6, 27, 1979.

FRITZSONS, E.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Altitude e temperatura: estudo do gradiente térmico no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, 2015.

FULLER, K.B.; ALSTON, J.M.; SAMBUCCI, O.S. The value of powdery mildew resistance in grapes: evidence from California. **Wine Econ. Pol.** 3, 90–107, 2014.

GALBRUN, C. Étude INRA: Comment Réduire ses Coûts de Production de 50%. **Réussir Vigne**, France, 2008.

GAVIOLI, O. **Comportamento vitícola da variedade ‘Cabernet Sauvignon’ (Vitis vinifera L.) em dois municípios do Planalto Sul Catarinense**. 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

GEIGER, D.R.; SERVAITES, J.C. Carbon allocation and response to stress. In: Mooney, H.A.; William, E.W.; Pell, E.J.; Chu, E. Response of plants to multiple stresses. Oval Road, London: **Physiological ecology series**, p. 103-127, 1991.

GHINI, R. **Mudanças climáticas globais e doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 104 p., 2005.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 357p., 2011.

GIOVANNINI, E.; MANFROI, V. Viticultura e Enologia: Elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros. 1 ed. Bento Gonçalves: IFRS, 344 p., 2009.

GIRONA, J.; DEL CAMPO, J.; MATA, M.; LOPEZ, G; MARSAL, J. A comparative study of apple and pear tree water consumption measured with two weighing lysimeters. **Irrigation Science**, v. 29, n. 1, p. 55-63, 2011.

GONZÁLEZ-NEVES, G.; FRANCO, J.; BARREIRO, L.; GIL, G.; MOUTOUNET, M.; CARBONNEAU, A. Varietal differentiation of Tannat, Cabernet Sauvignon and Merlot grapes and wines according to their anthocyanic composition. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 225, n. 1, p.111-117, 2007.

- GREER D.H.; M.M. WEEDON. The impact of high temperatures on *Vitis vinifera* cv. Semillon grapevine performance and berry ripening, *Front. Plant Sci.* 4, 491, 2013.
- GRANT O. M.; TRONINA Q.; JONES H. G.; CHAVES M. M. Exploring thermal imaging variables for the detection of stress responses in grapevine under different irrigation regimes. *Journal of Experimental Botany* 58, 815–825, 2007.
- GRIS, E. F.; BURIN, V. M.; BRIGHENTI, E.; VIEIRA, H.; LUIZ, M. B. Phenology and ripening of *Vitis vinifera* (L.) grape varieties in São Joaquim, southern Brazil: a new South American wine growing region. *Ciencia e Investigación Agraria*, v.37, p.61-75, 2010.
- HARTMANN, D. L.; TANK, A. M. K.; RUSTICUCCI, M.; ALEXANDER, L. V.; BRÖNNIMANN, S.; CHARABI, Y. A. R.; ZHAI, P. Observations: atmosphere and surface. In: *Climate change 2013 the physical science basis: Working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press*, p. 159-254, 2013.
- HELDT, H.-W.; PIECHULLA, B. The use of energy from sunlight by photosynthesis is the basis of life on earth. *Plant Biochemistry*, 43–64, 2011.
- HENDRICKSON L.; FURBANK R. T.; CHOW W. S. A simple alternative approach to assessing the fate of absorbed light energy using chlorophyll fluorescence, *Photosynthesis Research*, vol. 82, pag. 73-81, 2004.
- HEUVELINK E. Effect of fruit load on dry matter partitioning in tomato. *Scientia Horticulturae* 69: 51-59, 1997.
- HEUVELINK E. Influence of sink - source interaction on dry matter production in tomato. *Annals of Botany* 75: 381-389, 1995.
- HIDALGO, L. *Tratado de viticultura*. Madrid: Ediciones MundiPrensa, 1993.
- HOLCMAN, E.; SENTELHAS, P. C. Controle de doenças em videiras com o uso do cultivo protegido. *Visão Agrícola* nº14, 2021.
- HOWELL, G. S. Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, v. 52, n. 3, p. 165-174, 2001.
- HOUSE, J. E. *Inorganic Chemistry* (Third Edition), Pages 901-932. Chapter 23: Bioinorganic chemistry, 2020.
- HUNTER, J. J. Implications of seasonal canopy management and growth compensation in grapevine. *South African Journal of Enology and Viticulture*, v. 21, n. 2, p. 81-91, 2000.

- HUNTER, J. J.; ARCHER, E. Papel actual y perspectivas futuras de la gestión del follaje. **ACE Revista de Enología, Ciência y Tecnología**, v. 59, n. 2, 2002.
- HUNTER, J. J.; BONNARDOT, V. Suitability of Some Climatic Parameters for Grapevine Cultivation in South Africa, with Focus on Key Physiological Processes. **South African Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 32, n. 1, p.137-154, 2011.
- HUNTER, J. J.; RUFFNER, H. P.; VOLSCHENK, C. G.; LE ROUX, D. J. Partial defoliation of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon/99 Richter: Effect on root growth, canopy efficiency, grape composition, and wine quality. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.46, n.3, p.306-313, 1995.
- HUNTER, J. J.; VOLSCHENK, C. G.; MARAIS, J.; FOUCHÉ, G. W. Composition of Sauvignon blanc grapes as affected by pre-*Véraison* canopy manipulation and ripeness level. **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 25, n. 1, p. 13-18, 2004.
- IACONO, F.; M. STEFANINI, **Wein Wissenschaft** 48, 3, 1993.
- INTRIERI C.; FILIPPETTI, I. Più produttività non sempre significa meno qualità. **VigneVini**, 5, 38-41, 2007.
- IBGE – SIDRA. **Banco de Tabelas Estatísticas. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** - fevereiro 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa>
- ILTIS, C.; MARTEL, G.; THIÉRY, D.; MOREAU, J.; LOUÂPRE, P. When warmer means weaker: high temperatures reduce behavioural and immune defences of the larvae of a major grapevine pest. **J. Pest. Sci.** 91 (4), 1315–1326, 2018.
- INTRIERI, C.; FILIPPETTI, I.; ALLEGRO, G.; CENTINARI, M.; PONI, S. Early defoliation (hand vs mechanical) for improved crop control and grape composition in Sangiovese (*Vitis vinifera* L.) **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 14, p. 25-32, 2008.
- IPCC - **Assessment Report 5** - South America, 2014. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- IPCC: Chapter 13. **Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**. [Metz, B. et al. (Eds.)]. Cambridge, UK, New York, NY: Cambridge University Press, 2007.
- IPCC - **Climate change and land**. Intergovernmental Panel on Climate change, 2019. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf

- IPCC, W. Special report on emissions scenarios. Intergovernmental panel on climate change special reports on climate change. **Cambridge University Press**, Cambridge, v. 570, 2000.
- JACKSON, R. S. Grapevine Structure and Function. **Wine Science**, 69–141. 2014.
- JACKSON, D.I.; LOMBARD, P.B. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality – a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 44, n. 4, p. 409-430, 1993.
- JONES, G. V.; ALVES, F. Impact of climate change on wine production: a global overview and regional assessment in the Douro Valley of Portugal. **Int. J. Global Warming**, Vol. 4, p. 383-406, 2012.
- JONES, G. V.; GOODRICH, G. B. Influence of climate variability on wine regions in The western USA and on wine quality in the Napa Valley. **Climate Research**, Oldendorf v.35, n.3, p.241–254. 2008.
- KALAJI, H. M.; SCHANSKER, G.; LADLE, R. J.; GOLTSEV, V.; BOSA, K.; ALLAKHVERDIEV, S. I.; ZIVCAK, M. Frequently asked questions about in vivo chlorophyll fluorescence: practical issues. **Photosynthesis research**, v. 122, n. 2, p. 121-158, 2014.
- KAUTSKY, H.; APPEL, W.; AMANN, H. Chlorophyll fluorescence and carbon assimilation. Part XIII. The fluorescence and the photochemistry of plants. **Biochemische zeitschrift**, v. 332, p. 277-292, 1960.
- KELLER, M. The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology. Second edition. Editions Elsevier, **Academic Press**, Amsterdam, Boston, 2015.
- KELLER, M.; AUST. J. **Grape Wine Res.** 16, 56, 2010.
- KELLER, M.; ROGIERS, S. Y.; SCHULTZ, H. R. Nitrogen and ultraviolet radiation modify grapevines' susceptibility to powdery mildew. **VITIS-GEILWEILERHOF-**, v. 42, n. 2, p. 87-94, 2003.
- KLEINER, K. Climate science in 2009. **Nature reports climate change.** v. 4, 2010.
- KLIEWER, W. M.; DOKOOZLIAN, N. K. Leaf Area/Crop Weight Ratios of Grapevines: Influence on Fruit Composition and Wine Quality. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 56, n. 2, p. 170-181. 2005.
- KLUGHAMMER, C.; SCHREIBER, U. Saturation pulse method for assessment of energy conversion in PS I. **PAM Application Notes**, v. 1, p. 11-14, 2008.
- KÖPPEN W.; GEIGER, R. (eds). **Handbuck der Klimatologie**: Berlin, 1961.
- KORTEKAMP, A.; WELTER, L.; VOGT, S.; KNOLL, A.; SCHWANDER, F.; TÖPFER, R.;

- ZYPRIAN, E. Identification, isolation and characterization of a CC-NBS-LRR candidate disease resistance gene family in grapevine. **Molecular Breeding**, 22(3): 421-432. 2008.
- KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. 42, p. 313-349. 1991.
- KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. The physiological ecology of woody plants. **Academic press**, 2012.
- LAKSO, A. N.; SACKS, G. L. Vine balance: What is it and how does it change over the season? In: **Recent Advances in Grapevine Canopy Management**. University of California, Davis, p. 21 – 25. 2009.
- LAVIOLA, C. Prime asservazioni sulla biologia di *Plasmopara viticola* (Berk et. Curt) Berl, et De Toni in Puglia. **Annali della Facolta di Agraria**, Universita di Bari, v.18, p.141-195, 1964.
- LAWSON, T.; SIMKIN, A. J.; KELLY, G.; GRANOT, D. Mesophyll photosynthesis and guard cell metabolism impacts on stomatal behaviour. **New Phytol** 203: 1064–1081, 2014.
- LEÃO, P. C. de S.; SILVA, E. E. G da. Fenologia e fertilidade de gemas de variedades de uvas sem sementes no Vale do São Francisco. [S.I]: Embrapa Semi-Árido, 12 p. **Documentos** 185, 2004.
- LIMA, M.; LOPES, D. TAVARES, S. D. H.,; TESSMANN, D.; de MELO, N. F. **Doenças e alternativas de controle**. In: SOARES, J. M.; LEO, P. C. de S. (Ed.) A vitivicultura no Semiárido Brasileiro. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, cap. 13, p. 543-596. 2009.
- LONG, S. P.; FARAGE, P. K.; GARCIA, R. L. Measurement of leaf and canopy photosynthetic CO₂ exchange in the field. **Journal of experimental botany**, v. 47, n. 11, p. 1629-1642, 1996.
- LOPES, M. N. **Ecofisiologia, nutrição e análise econômica da palma forrageira sob diferentes manejos no semiárido brasileiro**. Tese de Doutorado. UFSC, 2016.
- LOSSO, F. B. **A produção de vinhos finos de altitude na região vitivinícola de São Joaquim (SC): uma alternativa para o turismo?**. 2010.
- MACCARRONE, G.; SCIENZA, A. Valutazione dell'equilibrio vegetoprodotivo della vite. **L'Informatore Agrario**, n. 46, p. 61-64, 1996.
- MADDEN, L. V.; ELLIS, M. A.; LALANCETTE, N.; HUGHES, G.; WILSON, L. L. Evaluation of a Disease Warning System for Downy Mildew of Grapes. **Plant Disease**, Davis, v. 84, p. 549-554, 2000.

- MAIN, G. L.; MORRIS, J. R. Leaf-Removal Effects on Cynthiana Yield, Juice Composition, and Wine Composition. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 55, p. 147-152, 2004.
- MALHEIRO, A. C.; CAMPOS, R.; FRAGA, H.; EIRAS-DIAS, J.; SILVESTRE, J.; SANTOS J. A. Winegrape phenology and temperature relationships in the Lisbon Wine Region, Portugal. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, 47, 287-299, 2013.
- MALINOVSKI, L. I; WELTER, L. J.; BRIGHENTI, A. F.; VIEIRA, H. J; GUERRA, M. P.; DA SILVA, A, L. Highlands of Santa Catarina/Brazil: A region with high potential for wine production. **ISHS. Acta Horticulturae**, v. 931, p.433-440, 2012.
- MANNING, W. J.; TIEDEMANN, A. V. Climate change: potential effects of increased atmospheric carbon dioxide (CO₂), ozone (O₃), and Ultraviolet-B (UV-B) radiation on plant diseases. **Environmental Pollution**, v. 88, p. 219-245, 1995.
- MARCON FILHO, J. L.; HIPÓLITO, J. D. S.; MACEDO, T. A. D.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L. Raleio de cachos sobre o potencial enológico da uva 'Cabernet Franc' em duas safras. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 12, p. 2150-2156, 2015.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2005.
- MARTINEZ, C. A.; OLIVEIRA, E. D.; MELLO, T. R. P.; ALZATE-MARIN, A. L. Respostas das plantas ao incremento atmosférico de dióxido de carbono e da temperatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 8, p. 635-650, 2015.
- MARTÍNEZ-BRACERO, M.; ALCÁZAR, P.; VELASCO-JIMÉNEZ, M. J.; GALÁN, C. Fungal spores affecting vineyards in Montilla-Moriles southern Spain. **European journal of plant pathology**, v. 153, n. 1, p. 1-13, 2019.
- MAUL, E.; SUDHARMA, K. N.; GANESH, A.; HUNDEMER, M.; KECKE, S.; MARX, G.; TÖPFER, R: 30 Years VIVC-**Vitis International Variety Catalogue** (www.vivc.de). In XI International Conference on Grapevine Breeding and Genetics, Yanqing, Beijing, China, July 28-August 2, 2014.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 659-668, 2000.
- MAY, P. From bud to berry, with special reference to inflorescence and bud morphology in *Vitis vinifera* L. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 6, p. 82-98, 2000.

- MCMURTRIE, R. E.; NORBY, R. J.; MEDLY, B. E.; DEWAR, R. C.; PEPPER, D. A.; REICH, P. B.; BARTON, C. V. M. Why is plant-growth response to elevated CO₂ amplified when water is limiting, but reduced when nitrogen is limiting? A growth-optimisation hypothesis. **Functional Plant Biology** **35**, 521–534, 2008.
- MIRA DE ORDUÑA, R. Climate change associated effects on grape and wine quality and production. **Food Research International**, v. 43, p. 1844-1855, 2010.
- MONTEVERDE, C.; DE SALES, F. Impacts of global warming on southern California's winegrape climate suitability. **Advances in Climate Change Research**, v. 11, n. 3, p. 279-293, 2020.
- MOONEY, H. A.; CANADELL, J.; CHAPIN, F. S.; EHLERINGER, J. R.; KÖRNER, C.; MCMURTIE, R. E.; ARTON, W. J.; PITELKA, L. F.; SCHULZE, E. D. Ecosystem physiology responses to global change. In: The terrestrial biosphere and global change. **Cambridge University Press**, Cambridge, 1999.
- MUNIZ, J. N. **Resistência de Videiras ao Míldio: Progressão da Doença e Diversidade do Patógeno**. Tese (Tese em Ciências). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2017.
- NEMANI, R. R.; WHITE, M. A.; CAYAN, D. R.; JONES, G. V.; RUNNING, S. W.; COUGHLAN, J. C.; PETERSON, D. L. Asymmetric warming over coastal California and its impact on the premium wine industry. **Climate Research**, Oldendorf, v.19, n.2, p.25-34, 2001.
- NODARI, E. S. Entre florestas e parreirais: a vitivinicultura no Alto Vale do Rio do Peixe/SC1. História Ambiental e Migrações: **Diálogos**, p. 81, 2017.
- TERRERI, L. C. G.; VELASCO, J. M.; NODARI, E. S. **Cultura e tradição: um estudo das festas da uva e da vindima em Videira (SC)**. n. 39, p. 30-49, 2022.
- ÖGREN, E.; BAKER, N. R. **Evaluation of a technique for the measurement of chlorophyll fluorescence from leaves exposed to continuous white light**. 1985.
- PACIFICO, D.; GAIOTTI, F.; GIUSTI, M.; TOMASI, D. Performance of interspecific grapevine varieties in north – east Italy. **Agricultural Sciences**, Cambridge, v. 4, p.91-101, 2013.
- PASCALE A. J.; DAMARIO, E. A. **Climatologia agrícola y agroclimatologia**. Buenos Aires: EFA, 550p., 2004.

- PATHAK, T. B.; MASKEY, M. L.; DAHLBERG, J. A.; KEARNS, F.; BALI, K. M.; ZACCARIA, D. Climate change trends and impacts on California agriculture: a detailed review. **Agronomy**, v. 8, n. 3, p. 25, 2018.
- PAVLOUSEK, P. Experiences with the cultivation characteristics of new fungus-resistant varieties for red wine production. **Mitt. Klosterneubg.** 60, 355–362, 2010.
- PEIL R. M. N.; GÁLVEZ J. L. Effect of fruit removal on growth and biomass partitioning in cucumber. **Acta Horticulturae** 588: 69-74. 2002.
- PEREIRA, A. R.; NOVA, N. A. V.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: Fealq, 1997.
- PETERS, G. P.; ANDREW, R. M.; BODEN, T.; CANADELL, J. G.; CIAIS, P., LE QUÉRÉ; C.; ... WILSON, C. The challenge to keep global warming below 2 C. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 1, p. 4-6, 2013.
- PETRIE, P.; TROUGHT, M.; HOWELL, G.; BUCHAN, G. The effect of leaf removal and canopy height on whole-vine gas exchange and fruit development of *Vitis vinifera* L. Sauvignon Blanc. **Functional Plant Biology**, 30, 2003.
- PETRIE, P. R.; TROUGHT, M. C. T.; HOWELL, G. S. Influence of leaf ageing, leaf area and crop load on photosynthesis, stomatal conductance and senescence of grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir) leaves. **Vitis**, Siebeldingen, v. 39, n. 1, p. 31-36, 2000.
- PONI, S. La potatura verde nel vigneto: aspetti fisiologici e colturali. **L'Informatore Agrario**, n. 26, p. 37-49, 2003.
- PONI, S. Produrre quantita' rispettando la qualita: il ruolo della gestione dela chioma. Parte 2. **InfoWine**, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 1-7, 2005.
- PONI, S.; GIACHINO, E.; MAGNANINI, E. Fisiologia ed effetti agronomici dela cimatura dei germogli. **L'Informatore Agrario**, n.19, p.81-89, 2001.
- POTTER, R. O.; de CARVALHO, A. P.; FLORES, C. A.; BOGNOLA, I Solos do Estado de Santa Catarina. Embrapa Solos-**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (INFOTECA-E), 2004.
- PROTAS, J. F. S.; CAMARGO, U. A.; DE MELLO, L. M. R. A Viticultura brasileira: realidade e perspectivas. In: Embrapa Uva e Vinho-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO MINEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 1., 2002, Andradas, MG. **Anais Viticultura e Enologia: atualizando conceitos**. Caldas: EPAMIG, 2002.

- QIU, G. Y.; LI, C.; YAN, C. Characteristics of soil evaporation, plant transpiration and water budget of *Nitraria dune* in the arid Northwest China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 203, p. 107-117, 2015.
- RAPCHA, M. P.; KISIL, M. F. **Sadovodstvo I Vinogradarstvo**, 3, 19, 2004.
- RAVAZ, L. Sur la brunissure de la vige. **Comptes Rendus de l'Académie de Sciences**, Paris. 136: 1276-1278, 1903.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6ª edição Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 2001.
- REICH, P. B., HOBBIE, S. E., LEE, T. D. Plant growth enhancement by elevated CO₂ eliminated by joint water and nitrogen limitation. **Nature Geosciences**, 1–5, 2014.
- REYNOLDS, A. G.; WARDLE, D. A. Effects of timing and severity of summer hedging on growth, yield, fruit composition, and canopy characteristics of de Chaunac. II Yield and fruit composition. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 40, n. 4, p. 299-308, 1989.
- ROSE, G.; LANE, S.; JORDAN, R. The fate of fungicide and insecticide residues in Australian wine grape by-products following field application. **Food Chemistry**, Oxford, v.117, n. 4, p.634-640, 2009.
- ROSIER, J. P. A Viticultura de Altitude no Planalto Catarinense. **Territoires du vin [Online]**, v. 9, 2018.
- ROSIER, J. P. Novas regiões: vinhos de altitude no sul do Brasil. Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia. **Anais**. 2003.
- ROSSBERG, D. Surveys on the use of pesticides in practice in 2011. **Journal für Kult** 65: 141-151, 2013.
- ROUPHAEL, Y.; MOUNEIMNE, A. H.; RIVERA, C. M.; CARDARELLI, M.; MARUCCI, A.; COLLA, G. Allometric models for non-destructive leaf area estimation in grafted and ungrafted watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.). **Agriculture & Environment**, v. 8, n. 1, p. 161–165, 2010.
- ROUSSEAU, J.; CHANFREAU, S.; BONTEMPS, É. **Les Cépages Résistants and Maladies Cryptogamiques**. Groupe ICV: Bordeaux, France, p. 228, 2013.
- SAATHOFF, A. J. **Leaf-level photosynthesis: theory and measurement**. Workshop Trocas Gasosas em Plantas - Teoria e Prática em Fotossíntese e Fluorescência com utilização do analisador LI-6800/LI-COR. Instituto de Botânica, São Paulo/SP, 2019.

- SADRAS V. O.; MORAN M. A. Elevated temperature decouples anthocyanins and sugars in berries of Shiraz and Cabernet Franc. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, 18: 115-122, 2012.
- SADRAS V. O.; SOAR C. J. Shiraz vines maintain yields in response to a 2-4°C increase in maximum temperature using an open-top heating system at key phenostages. **European Journal of Agronomy**, 31: 250-258, 2009.
- SALINARI, F.; GIOSUE, S.; TUBIELLO, F. N.; RETTORI, A.; ROSSI, V.; SPANNA, F.; ROSENZWEIG, C.; GULLINO, M. L. Downy mildew (*Plasmopara viticola*) epidemics on grapevine under climate change. **Global Change Biology**. 12, 1299-1307, 2006.
- SANTOS, H. P. **Aspectos ecofisiológicos na condução da videira e sua influência na produtividade do vinhedo e na qualidade dos vinhos**. EMBRAPA Uva e Vinho. Comunicado Técnico 71, 9 p., 2006.
- SANTOS, C. M.; GONÇALVES, E. R.; ENDRES, L.; GOMES, T. C. A.; JADOSKI, C. J.; NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. D. Atividade fotossintética em alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a diferentes compostagens de resíduos agroindustriais. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, p.95-102, 2010.
- SCHREIBER, U. Detection of rapid induction kinetics with a new type of high-frequency modulated chlorophyll fluorometer. In: Current topics in photosynthesis. **Springer**, Dordrecht, 1986. p. 259-270.
- SCHREIBER, U.; SCHLIWA, U.; BILGER, W. Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence *quenching* with a new type of modulation fluorometer. **Photosynthesis research**, v. 10, n. 1, p. 51-62, 1986.
- SCHUCK, M. R.; MOREIRA, F. M.; GUERRA, M. P.; VOLTOLINI, J. A.; GRANDO, M. S.; SILVA, A. L. Molecular characterization of grapevine from Santa Catarina, Brazil, using microsatellite markers. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44(5): 487-495. 2009.
- SCHULTZ, H. R.; PIERI, P.; PONI, S.; LEBON, E. **The Eco-Physiology of Grapevine Canopy Systems—Learning from Models**. In: Proceedings of Recent Advances in Grapevine Canopy Management—An International Symposium, Davis, CA, USA. 2009.
- SCHVAMBACH J. L.; ANDRIOLO J. L.; HELDWEIN A.B. Produção e distribuição da matéria seca do pepino para conserva em diferentes populações de plantas. **Ciência Rural** 32: 35-41, 2002.

- SCHWANDER, F.; EIBACH, R.; FECHTER, I.; HAUSMANN, L.; ZYPRIAN, E.; TÖPFER, R. Rpv10: a new locus from the Asian *Vitis* gene pool for pyramiding downy mildew resistance loci in grapevine. **Theoretical and Applied Genetics** 124: 163–176, 2012.
- SHI, Z.; LIU, S.; LIU, X.; CENTRITTO, M. **Physiology Plantarum**. 128, 722, 2006.
- SIEBKE, K.; GHANNOUM, O.; CONROY, J. P.; VON CAEMMERER, S. Elevated CO₂ increases the leaf temperature of two glasshouse-grown C-4 grasses. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 29, n. 12, p. 1377-1385, 2002.
- SILVA, F. F. S.; OLIVEIRA, G. M.; ARAÚJO, M. N.; ANGELOTTI, F.; MOURA, M. S. B.; DANTAS, B. F. Rainfall events, high CO₂ concentration and germination seeds of Caatinga. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.2, n.3, p.258–265, 2017.
- SILVESTRONI, O.; LANARI, V.; LATTANZI, T.; PALLIOTTI, A. Delaying winter pruning, after pre-pruning, alters budburst, leaf area, photosynthesis, yield and berry composition in Sangiovese (*Vitis vinifera* L.). **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 24, n. 4, p. 478-486, 2018.
- SIVCEV, B. V.; SIVCEV, I. L.; RANKOVIC-VASIC, Z. Z. Natural process and use of natural matters in organic viticulture. **J. Agric. Sci.** 55, 195–215, 2010.
- SMART, R.; ROBINSON, M. Sunlight into wine: handbook for winegrape canopy management. Adelaide: **Winetitles**. 88p., 1991.
- SMITHYMAN, R. P.; HOWELL, G. S.; MILLER, D. P. Influence of canopy configuration on vegetative development, yield, and fruit composition of Seyval blanc grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 48, n. 4, p. 482-491, 1997.
- SOFO, A. **Analisi degli indici di fluorescenza e della fotoinibizione in due varietà di olivo sottoposte a diversi livelli di deficit idrico e luminoso**. Lulu. com, 2012.
- SOLAIRAJ, D.; YANG, Q.; LEGRAND, N. N. G.; ROUTLEDGE, M. N.; ZHANG, H. Molecular explication of grape berry-fungal infections and their potential application in recent postharvest infection control strategies. **Trends in Food Science & Technology**, 2021.
- SPAYD, S.E.; TARARA, J.M.; MEE, D.L.; FERGUSON, J.C. **Am. J. Enol. Vitic.**, 53, 3, 2002.
- STRECK, N. A.; TIBOLA, T.; LAGO, I.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; SCHNEIDER, F. M.; ZAGO, V. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, v.35, p.1275-1280, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 690 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 888p, 2017. TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TEIXEIRA, H. C.; DE MOURA, M. S. B.; ANGELOTTI, F. Sistema de Produção - Cultivo da Videira. Embrapa Semiárido. **Sistemas de Produção**, 1 – 2a. edição, 2010.

TERASHIMA, Y. T.; HANBA, D.; THOLEN, Ü. NIINEMETS. Leaf functional anatomy in relation to photosynthesis, **Plant Physiol.** 155, 108–116, 2011.

TESKEY, R.; WERTIN, T.; BAUWERAERTS, I.; AMEYE, M.; MCGUIRE, M. A.; STEPPE, K. Responses of tree species to heat and extreme heat events. **Plant, Cell and Environment** 38: 1699–1712, 2015.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. Análise mundial do clima das regiões vitícolas e de sua influência sobre a tipicidade dos vinhos: a posição da viticultura brasileira comparada a 100 regiões em 30 países. In: Embrapa Uva e Vinho-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, 9., 1999, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p. 75-90., 1999.

TONIETTO, J.; MANDELLI, F. **Uvas viníferas para processamento em região de clima temperado**, 2003. EMBRAPA uva e vinho. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/clima.htm>. Acesso em 13 mar 2018.

TÖPFER, R. **Neue Rebsorten Katalog**. 36p., 2021. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.julius-kuehn.de%2Fmedia%2FInstitute%2FZR%2F_pdf%2FNeueRebsortenKatalog-JKI.pdf&psig=AOvVaw12SjKBUFq2IwC_DbNQL4HZ&ust=1645993766001000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0Q3YkBahcKEwigkdfgmp72AhUAAAAAHQAAAAAQAw

TÖPFER, R.; HAUSMANN, L.; EIBACH, R. MOLECULAR BREEDING. IN: ZAPATER, M.M.; ADAM-BLONDOM, A.F.; KOLE, C. Genetics, Genomics and Breeding of Grapes. Enfield, NH, USA: **Science Publisher**, p. 160-185. 2011.

TRISSEL, H. W.; WILHELM, C. Why do thylakoid membranes from higher plants form grana stacks?. **Trends in biochemical sciences**, v. 18, n. 11, p. 415-419, 1993.

TYYSTJÄRVI, E.; ARO, E. M. The rate constant of photoinhibition, measured in lincomycin-treated leaves, is directly proportional to light intensity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 93, n. 5, p. 2213-2218, 1996.

UVIBRA – União Brasileira de Vitivinicultura. **Produção de Uvas, Elaboração de Vinhos e derivados**. Disponível em: <http://www.uvibra.com.br/home>. Acesso em 15 de fevereiro de 2022.

VALANCOGNE, C.; DAYAU, S.; PIERI, P. Influence of orchard and vineyard characteristics on maximal plant transpiration. International Symposium Irrigation of Horticultural Crops. 3. Estoril, Portugal: International Society of Horticultural Science, **Acta Horticulturae**, n. 537, v.1, p.61-68, 2000.

VALDIVIESO, F. Tendências del manejo del follaje em La viticultura chilena. **Revista Enologia**, n. 5, p. 1-8, 2005.

VAN LEEUWEN C. Terroir: the effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes. In: REYNOLDS AG. (ed). Managing wine quality. Volume1: Viticulture and wine quality. CRC Press: **Boca Raton**. p.273-315, 2010.

VAN LEEUWEN, C.; FRIANT, P.; CHONE, X.; TREGOAT, O.; KOUNDOURAS, S.; DUBOURDIEU, D. The influence of climate, soil and cultivar on terroir. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 55, n. 3, p. 207-217, 2004.

VASCONCELOS, M. C.; CASTAGNOLI, S. Leaf Canopy Structure and Vine Performance. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 51, n. 4, p. 390-396, 2000.

WARD, J. K.; STRAIN, B. R. Elevated CO₂ studies: past, present and future. **Tree Physiology** 19:211-220, 1999.

WEIGLE, T.; CARROLL, J. Production Guide for Organic Grapes. New York State Integrated Pest Management Program, **Ithaca**, NY, pp. 74, 2015.

WIEDEMANN-MERDINOGLU, S.; HOFFMANN, C. **New resistant grape varieties**. Bottlenecks and conditions for adoption in different European grapevine-growing regions. From Science to Field. Endure Grapevine Case Study, 2010.

WINEPLANT. **Resistant white wine grapes**, 2019. Disponível em: <https://www.wineplant.bz.it/en/>

WILLIAMS, L. E. Determination of evapotranspiration and crop coefficients for a Chardonnay vineyard located in a cool climate. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 65, n. 2, p. 159-169, 2014.

WILKINSON, S. Water use efficiency and chemical signalling. **Water use efficiency in plant biology**, p. 75-112, 2004.

WINKLER, A. J.; COOK, J. A.; KLIEWER, W. M.; LIDER, L. A. **General viticulture**. Berkeley: University of California, 710pp, 1974.

WURZ, D. A.; BEM, B. P.; ALLEBRANDT, R.; BONIN, B.; DALMOLIN, L. G.; CANOSSA, A. T.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A. New wine-growing regions of Brazil and their importance in the evolution of Brazilian wine. **BIO Web of Conferences**, v.9, p.1-4, 2017.

YAHIA, E. M.; CARRILLO-LÓPEZ, A.; BARRERA, G. M.; SUZÁN-AZPIRI, H.; BOLAÑOS, M. Q. Photosynthesis. **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**, 47–72, 2019.

ZUFFEREY, V.; MURISIER, F. Photosynthèse des feuilles de vigne (cv. Chasselas). I. Influence de la lumière et de la température. **Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.**, v.32, n.6, p.341-346, 2000.

